From the library of C. Ludwig,
Leipzig, 1895.
The title on the back is in his writing

Laboratorio di Fisiologia del R. Istituto di Studi Superiori in Firenze

INTORNO
ALL' INFLUENZA DELLE RADICI SPINALI POSTERIORI
SULL' ECCITABILITÀ DELLE ANTERIORI

RICERCHE SPERIMENTALI

DEI DOTTORI

E. BELMONDO e R. ODDI

Assistenti

(con 13 Figure nel testo)

REGGIO-EMILIA
TIPOGRAFIA DI STEFANO CALDERINI E FIGLIO
1890.

(Estratto dalla *Rivista Sperimentale di Freniatria e di Medicina Legale*
Volume XVI. Fasc. III. 1890).

E. Cyon fu il primo a dimostrare, nel 1865, che l'integrità delle radici spinali posteriori è condizione necessaria per la normale eccitabilità delle corrispondenti radici anteriori [1].

Già però Harless [2] si era accorto, stimolando con una corrente elettrica lo sciatico della rana, prima e dopo il taglio delle radici posteriori, che questa operazione diminuiva l' eccitabilità del tronco nervoso, esplorata prima del taglio. Al contrario il taglio delle radici anteriori aumentava, secondo lo Harless, l' eccitabilità del nervo. Di qui la teoria di questo autore, il quale ammetteva che attraverso le vie sensitive venisse condotta alla musculatura una energia specifica, il cui ufficio sarebbe di aumentare la eccitabilità delle radici anteriori.

Ma il Cyon, come dicemmo, fu il primo a sperimentare direttamente sulle singole radici ed, in un successivo suo lavoro [3], ad enunciare una spiegazione dei fenomeni

[1] Cyon. Ueber den Einfluss der hinteren Nervenwurzeln des Rückenmarks auf die Erregbarkeit der vorderen. *Berichte der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften; math.-phys. Classe.* 1865. S. 85.

[2] Harless. Moleculäre Vorgänge in der Nervensubstanz. *Abhandlungen der bayr. Acad. Physik.* XXXI. 1858.

[3] Cyon. Introduzione al lavoro dello Steinmann: Ueber den Tonus der willkürlichen Muskeln. *Mélanges biologiques, tirées du Bulletin de l' Acad. impériale des Sciences de St. Petersbourg.* T. VII. 1871. P. 787.

osservati più concorde colle altre nostre cognizioni sulla conducibilità delle radici spinali.

Il Cyon adoperò in questi suoi esperimenti la corrente indotta, colla quale eccitava, nelle rane, le radici anteriori prima e dopo il taglio delle posteriori; ed egli potè constatare che infatti, per il taglio di queste ultime, l' eccitabilità delle radici anteriori veniva notevolmente scemata. Ora, in base a questi esperimenti, il Cyon emise l' opinione che le fibre nervose siano costantemente in uno stato di eccitazione tonica, la quale vien mantenuta per mezzo di continui stimoli periferici trasmessi dalle radici posteriori al midollo. Esclude quindi il Cyon un passaggio di eccitamenti centrifughi per le radici posteriori, e solo crede la presenza di queste ultime necessaria per portare alle anteriori, attraverso il midollo, eccitazioni continue provenienti dalle terminazioni nervose sensitive.

Tale ipotesi del Cyon si collega strettamente, come è facile vedere e come egli stesso fa rilevare, colla nota teoria del Brondgeest, per cui al tono normale dei muscoli viene attribuita un' origine reflessa spinale. Ma non è qui che intendiamo occuparci della relazione che si fa correre tra questi due fenomeni; essa invece formerà forse oggetto di altre nostre ricerche: ora dobbiamo piuttosto accennare ai lavori comparsi sull' argomento che ci occupa, dopo quello del Cyon.

Le conclusioni di quest' ultimo furono anzitutto attaccate da v. Bezold e Uspensky [1], i quali non poterono constatare alcuna influenza costante delle radici posteriori sull'eccitabilità delle anteriori. Questi autori sperimentarono su rane prima per lo più avvelenate con una piccolissima quantità di curaro, nei quali casi però l' uno degli arti posteriori veniva preservato dall' azione del veleno, impedendo ad esso l' afflusso del sangue mediante una legatura alla Bernard.

Allora isolavano le radici anteriori dei nervi appartenenti all' arto che conservava la propria motilità, e le eccitavano

[1] v. Bezold u. Uspensky. Ueber den Einfluss der hinteren Rückenmarkswurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen. *Centralbl. f. d. medicin. Wissenschaften* (Orig. Mitth.). 1867. N. 39. S. 611. — Id. id. Arbeiten aus dem physiol. Laboratorium zu Würzburg. Heft III. 1868. S. 107.

mediante la corrente indotta, ricercando di questa il grado minimo capace di produrre una contrazione.

Or bene, secondo v. Bezold e Uspensky, l' eccitabilità delle radici anteriori dal momento dell' apertura del canale vertebrale comincia subito a diminuire, dapprima rapidamente, in seguito con maggiore lentezza, ma sempre in maniera continua e costante, tanto se sono state tagliate le radici posteriori omonime dello stesso lato, come se queste furono lasciate intatte. Inoltre essi avrebbero trovato che se si tagliano d' un tratto le radici posteriori, l' eccitabilità delle radici anteriori omonime dello stesso lato non subisce in generale alcuna diminuzione; all' incontro, nel maggior numero degli esperimenti, l' eccitabilità delle radici anteriori rimane stazionaria per qualche tempo dopo il taglio delle posteriori, oppure diminuisce lentamente, od infine presenta anche un transitorio e lieve aumento: in seguito l' eccitabilità va diminuendo colla medesima rapidità che prima del taglio. In due casi però anche v. Bezold ed Uspensky avrebbero veduto verificarsi il fatto constatato dal Cyon, cioè una rapida diminuzione dell' eccitabilità delle radici anteriori dopo il taglio delle posteriori.

Dalle ricerche dei due autori citati risultava pure un altro fatto importante, che non dobbiamo tralasciar di notare; e cioè che eccitando con adatti stimoli dolorifici (acido acetico o solforico) un punto qualsiasi della pelle della rana, in modo da averne energici moti reflessi dell' arto legato, — poichè il resto dell' animale è paralizzato per l' azione del curaro, — si osserva un aumento dell' eccitabilità delle radici anteriori. A questa loro osservazione però v. Bezold e Uspensky non diedero, secondo noi, tutto il valore che essa meritava: vedremo in seguito quale importanza essa acquisti messa in rapporto coi nostri esperimenti, e quale luce derivi da questi ad una esatta interpretazione dei risultati ottenuti dai diversi fisiologi che si sono occupati della nostra questione.

Il lavoro degli autori citati provocò tosto una risposta del Cyon [1], e questa a sua volta una replica di v. Bezold

[1] Cyon. Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen. *Centralbl. f. d. medicin. Wissensch.* (Orig. Mitth.). 1867. N. 41. S. 643.

e Uspensky [1], che però non riportarono fatti nuovi, e che quindi è inutile riassumere.

Così pure una breve comunicazione del Guttmann [2], comparsa appunto durante questa polemica, non fece che confermare completamente con esperienze dell' autore i risultati del Cyon, senza tuttavia aggiungere nulla alle conclusioni cui questi era giunto.

Lo Steinmann [3] riprese dopo pochi anni, a Pietroburgo e sotto la direzione del Cyon, gli esperimenti che questi aveva compiti nel suo primo lavoro, specialmente dal punto di vista del tono muscolare. I risultati di dette ricerche furono che non solo il taglio delle radici posteriori diminuisce l' eccitabilità delle corrispondenti anteriori; ma che anche il tono dei muscoli, cui quelle paia spinali forniscono dei rami nervosi, viene per tale operazione notevolmente diminuito. Infatti, mediante un peso (20-30 gram.) attaccato all'estremità del gastrocnemio di una rana, si può notare col miografo del Marey un visibile allungamento (2-5 mm.), subito dopo il taglio delle radici posteriori, o nello spazio di un minuto.

Ma un lungo lavoro di G. Heidenhain [4], condotto a termine nel laboratorio del Wittich, venne ad attaccare poco dopo le conclusioni di tutti i predecessori, e specialmente di Cyon e Steinmann, dei quali viene pure criticato il metodo di ricerca. Anche G. Heidenhain esperimentò sulle rane, di cui eccitava le radici spinali anteriori mediante la corrente indotta ed appositi elettrodi, prima e dopo il taglio delle radici posteriori. Egli variò in parecchie maniere le sue esperienze, adoperando diversi metodi per segnare le variazioni del tono muscolare e dell' eccitabilità delle radici motrici; talora anche, dopo il taglio delle radici posteriori, decapitava l' animale, o ne eliminava a poco a poco i centri nervosi

[1] v. Bezold u. Uspensky. Zur Frage von dem Einflusse der hinteren Rückenmarkswurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen. *Centralbl f. d. medicin. Wissensch.* (Orig. Mitth.). 1867. N. 52. S. 819.

[2] Guttmann. Zur Lehre von dem Einfluss der hinteren Rückenmarkswurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen. *Centralbl f. d. medicin. Wissensch.* (Orig. Mitth.). 1867. N. 44. S. 689.

[3] Steinmann. loc. cit., con una Introduzione di E. Cyon.

[4] Georg Heidenhain. Ueber den Einfluss der hinteren Rückenmarkswurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen. *Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiologie.* IV. 1871. S. 435.

superiori, a partire dagli emisferi, fino al bulbo; ma i risultati che egli riporta furono sempre negativi. Egli conclude quindi, per ciò che riguarda la nostra questione, che si deve escludere assolutamente una qualsiasi influenza delle radici posteriori sulla eccitabilità delle anteriori; e che anche la dottrina di un tono muscolare reflesso secondo le idee del Cyon e del Brondgeest non ha, per essere ammessa, alcun fondamento sperimentale.

Le sue conclusioni poi, oltre che da quelle di Cyon e Steinmann, del Guttmann, e dalle anteriori dello Harless, si discostano dai risultati di v. Bezold e Uspensky, perchè G. Heidenhain dichiara di non poter ammettere, con questi ultimi, un progressivo, spontaneo scemare dell' eccitabilità delle radici anteriori a cominciare dal momento in cui si apre il canale midollare. Secondo l' Heidenhain, quando l' operazione sia eseguita con accuratezza, e le radici vengano sollevate sugli elettrodi colla massima cautela, l' eccitabilità delle medesime rimane invariata (almeno per quanto si può giudicare coi nostri mezzi di misura, e tranne piccolissime oscillazioni al disopra od al disotto del valore medio, imputabili alla imperfezione degli strumenti), durante 30-45 minuti, ed anche più.

Il Cyon lasciò senza risposta le critiche dell' Heidenhain fino al 1874, quando, essendo stato interrogato privatamente da varî colleghi se mantenesse le proprie idee, rispose con una breve nota [1], confermando i risultati suoi e dello Steinmann, e riferendosi specialmente all' esperimento di quest' ultimo sulle variazioni del tono muscolare, cui già abbiamo sopra accennato.

Nel 1882 il Marcacci [2] intraprese nel laboratorio di P. Bert a Parigi, alcune ricerche che lo condussero ad affermare un fatto non ancora notato, e cioè che le fibre motrici dei nervi spinali acquistano, per il taglio delle radici posteriori che loro forniscono fibre sensitive, una eccitabilità maggiore che in condizioni normali. Il Marcacci riferisce di aver fatto

[1] Cyon. Ueber den Einfluss der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen. *Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiologie*. Bd. VIII. 1874. S. 347.

[2] Marcacci. Nuovo fatto in favore della sinergia funzionale delle paia spinali. *Archivio per le Scienze mediche*. Vol. V. N. 16. 1882. Pag. 285.

numerosi esperimenti sulle rane; egli tagliava tutte le paia spinali di un lato, lasciando intatto solamente l' ultimo, sul quale operava. L' eccitazione della radice anteriore era data da una corrente indotta, che si produceva con una slitta del Du Bois-Reymond la quale riceveva ad intervalli le scariche di un condensatore. Si determinava poi la distanza delle due bobine della slitta, a cui si aveva la contrazione minima visibile del gruppo muscolare relativo: si stabiliva cioè la « corrente minima attiva; » allontanando ancora di mezzo centimetro le due bobine, non si avevano più contrazioni: « corrente minima inattiva. » Lasciando allora la slitta in quest' ultima posizione, il Marcacci tagliava la radice posteriore.

Tosto dopo questa operazione, la medesima corrente che si era testè rivelata inefficace a produrre una contrazione, nuovamente adoperata ad eccitare la radice anteriore, bastava a far contrarre i muscoli da questa innervati. In tali condizioni, allontanando ancora le due bobine si continuava ad osservare l'eccitabilità delle fibre nervose per correnti minime: in qualche caso il Marcacci asserisce di aver osservato contrazioni con una distanza delle due bobine sette volte maggiore e più, di quella a cui dovevano esser poste prima del taglio le bobine stesse, onde avere un eccitamento positivo. In base a tali risultati il Marcacci formulò l' ipotesi che dal midollo spinale tragga il nervo motore la maggiore sua eccitabilità dopo il taglio della radice sensitiva, la quale agirebbe « come freno » dell' azione motrice.

Finalmente nel 1883 il Kanellis [1], ignaro certo di tutti i lavori anteriori su questo tema, pubblicò una breve nota, asserendo di aver notato « un fatto nuovo », e cioè che nella rana, dopo il taglio delle radici spinali posteriori, cresceva l' eccitabilità delle radici motrici. Anch' egli, aperto il canale midollare nelle rane, tagliava da un lato tutte le radici spinali, lasciandone intatto solamente un paio: radice motrice e radice sensitiva. Indi, sollevata la prima su di un eccitatore comunicante con un apparecchio d' induzione, cercava la corrente

[1] Kanellis. Influence des racines sensitives sur l' excitabilité des racines motrices. *Comptes rendus de l' Académie des Sciences.* T. XCVI. N. 17. Séance du 23 Avril 1883. Pag. 1249.

minima che dava un effetto, cioè una contrazione all'apertura: allontanando di più le due bobine, l' eccitazione rimane senza effetto. Tagliando ora la radice sensitiva, si avevano, rimanendo le bobine in quest' ultima posizione, energiche contrazioni al passaggio di una corrente, che a radici normali non bastava a produrre un effetto visibile.

Con questa pubblicazione del Kanellis ha termine la letteratura sull' interessantissimo argomento che forma oggetto del nostro studio.

Come appare dal sunto che di essa abbiam dato, tutte le opinioni possibili, — e tutte appoggiate sui risultati di ricerche sperimentali, — sono state emesse intorno ad una eventuale influenza delle radici posteriori sull'eccitabilità delle anteriori. Si è infatti detto da alcuni, che l' abolita comunicazione (per il taglio) delle radici sensitive col midollo spinale, diminuisce l' eccitabilità delle radici motrici. Altri osservatori invece hanno trovato che, per la medesima operazione, questa eccitabilità è aumentata in sommo grado. E finalmente, secondo un' ultima categoria di autori, la pretesa influenza mancherebbe del tutto, rimanendo il taglio delle radici sensitive senza effetti sull' eccitabilità delle radici motrici. La prima conclusione è quella cui è giunto il Cyon, e che viene confermata dalle successive ricerche dello Steinmann, del Guttmann, e dai primi, ma indiretti esperimenti dello Harless. Il Marcacci ed il Kanellis sostengono la dottrina diametralmente opposta. Bezold e Uspensky, e G. Heidenhain credono invece che l' influenza citata sia nulla.

Non essendo più stati intrapresi esperimenti su questo tema, la questione è nella scienza ancora del tutto insoluta; ed infatti i più recenti trattati di Fisiologia sospendono il loro giudizio in proposito, e certo non senza ragione.

Noi ci siamo quindi proposti di intraprendere delle esperienze onde giungere, se era possibile, a risultati più costanti e perciò a conclusioni più sicure.

Un fatto non può a meno di colpire chi studia i lavori anteriori su questo argomento, e cioè che tutti gli esperimenti sono sempre stati eseguiti sulle rane, nelle quali per necessità i risultati sono più incerti. I diversi autori fanno difatti notare,

quasi a difesa delle loro discrepanze, quanto sia difficile in quei piccoli animali lo scoprire ed isolare le finissime radici spinali senza far loro subire dannosi stiramenti, il fissarle immobilmente su di un eccitatore, e finalmente lo stimolarle senza che, per contatto immediato, o per l' intervento di liquidi fuorusciti, l' eccitazione si diffonda alle radici vicine od al midollo stesso. Inoltre le rane vennero da v. Bezold e Uspensky rese perfettamente immobili, tranne in uno degli arti posteriori, con iniezioni di curaro; ma allora si andava incontro all' obiezione giustamente rivolta loro dal Cyon, il quale rilevava che la necessità di legare alla Bernard uno degli arti onde impedire l' accesso del veleno alle estremità nervose, includeva se non altro una abolizione del circolo in quell' arto, e quindi queste esperienze non potevono essere portate come fatte in condizioni normali dell' eccitabilità nervosa.

A noi parvero molto più opportuni per queste ricerche i mammiferi, anche per la maggior comparabilità delle loro condizioni vitali con quelle dell'uomo: ed in fatti tutti i nostri esperimenti sono stati eseguiti sui cani.

Ma un' altra più importante modificazione abbiamo avuto in animo di portare alle esperienze precedenti. Non si poteva escludere, anche *a priori*, che effetto unico del taglio delle radici posteriori non fosse l' abolizione immediata della loro funzione; ma che ad essa si aggiungesse un altro fattore capace forse di turbare il risultato finale, cioè l' irritazione, di durata più o meno lunga, del moncone centrale, prodotta dallo strumento adoperato per la sezione. Era quindi desiderabile trovare un mezzo adatto ad abolire completamente ogni capacità a funzionare delle radici posteriori, colla certezza di non produrre nelle medesime la minima lesione irritativa. Ora questo agente noi lo abbiamo trovato nella cocaina.

Sul modo con cui questa sostanza opera onde produrre il suo noto effetto di una anestesia locale, e sulle parti del sistema nervoso che vengono dalla stessa influenzate, particolarmente le ricerche del Baldi [1] hanno portato gran chiarezza e precisione.

[1] Baldi. Sul meccanismo di azione della cocaina e sulla eccitabilità della midolla spinale. *Annali di Chimica*, ecc. Vol. VIII della Serie IV. 1888. — Id. id. *Archives italiennes de Biologie*. T. XI. Fasc. I. 1889.

Questo autore ha veduto dapprima che, spennellando con una soluzione al 10 % di cocaina lo sciatico, previamente scoperto, di una rana, si ottiene una paralisi di senso completa, come quando la sostanza viene applicata alla periferia, e quindi direttamente sulle terminazioni nervose sensitive. Un effetto analogo si ottiene, come ha dimostrato il Baldi nei cani, portando la soluzione di cocaina, anzichè sul nervo, sulle radici sensitive del medesimo, e quindi spennellando con cocaina il midollo spinale coperto dalla dura madre (attraverso alla quale la cocaina esercita benissimo la sua azione), oppure le radici posteriori. Allora, dopo un periodo di brevissima durata, in cui questa sostanza agirebbe come stimolo, provocando una reazione muscolare da parte dell' animale, si ha completa anestesia delle parti innervate da quella radice, e della radice stessa nel luogo della cocainizzazione ed al disotto del medesimo. Superiormente ai punti toccati dalla cocaina, rimane intatta la squisita sensibilità dolorifica delle radici posteriori. Sulla motilità l' applicazione della cocaina non ha si può dire effetto alcuno.

Per effetto dell'applicazione di questa sostanza direttamente sulle radici posteriori, noi potevamo quindi ottenene l'abolizione completa della loro conduttività fisiologica degli stimoli in via centripeta; così dovevano anche essere soppresse quelle continue eccitazioni provenienti dalla periferia, che, secondo la teoria del Cyon, valgono a mantenere in uno stato di maggiore eccitabilità le radici anteriori, mentre aumentano nello stesso tempo il tono muscolare. In altre parole la cocainizzazione delle radici posteriori doveva equivalere al taglio; con essa però doveva evitarsi ogni irritazione proveniente dall'istrumento tagliente. Anzi dobbiamo subito notare che nei nostri esperimenti non abbiamo mai osservato, — forse perchè operavamo sempre su animali più o meno profondamente narcotizzati, — neppure quel breve periodo di stimolazione che il Baldi avrebbe transitoriamente veduto al momento in cui applicava la cocaina. Ad ogni modo noi attendevamo da uno a tre minuti dopo la cocanizzazione, ed in questo momento le radici posteriori avevano sempre perduto completamente la loro sensibilità.

Con questo metodo abbiamo appunto compito un primo gruppo di ricerche intorno all'argomento in questione.

1.ª SERIE DI ESPERIMENTI

(Cocainizzazione delle radici posteriori)

Le norme seguite nel preparare gli animali a queste delicate esperienze, furono, nella presente come nelle successive serie di ricerche, analoghe a quelle esattamente descritte dal Baldi nel suo lavoro intorno agli effetti prodotti sulla motilità dalla recisione delle radici posteriori [1]. Poichè la buona riuscita degli esperimenti dipende qui in gran parte dal metodo operatorio, sarà bene descrivere dettagliatamente la maniera da noi usata.

Avevamo cura di scegliere un cane piuttosto grande e giovane e robusto, ma con pannicolo adiposo non troppo sviluppato. Questo veniva narcotizzato con generose iniezioni sottocutanee di morfina, alle quali in parecchi casi aggiungevamo iniezioni di una soluzione di cloralio; altre volte invece, passato il periodo di vomiturazioni prodotto dalla morfina, il cloralio veniva somministrato per lo stomaco. Durante l' atto operatorio, sempre di lunga durata, per mettere allo scoperto il midollo spinale e le radici, si faceva inalare all' animale del cloroformio. Queste inalazioni venivano naturalmente sospese prima che avesse principio l' esperimento.

Il cane veniva quindi fissato bocconi sull'apparecchio che il Prof. Luciani adopera da lungo tempo per le sue ricerche sui centri nervosi, e che permette di operare assai comodamente sul dorso, senza temere scosse troppo vive dell' animale, quando in questo, come talvolta accade, non fosse possibile ottenere una narcosi completa.

Raso il pelo sulla regione dorso-lombare, praticavamo poi sulla linea mediana un taglio cutaneo esteso dalle ultime vertebre dorsali fino al sacro. Così, dopo aver diviso al disotto anche il connettivo sottocutaneo, erano messe allo scoperto le apofisi spinose dell' ultima o delle ultime due vertebre dorsali e di tutte le lombari. Ora dovevasi cercare di staccare dalle apofisi stesse le masse muscolari ed il periostio: e questo è sempre il tempo più difficile e lungo dell' operazione, perchè bisogna

[1] Baldi. Effetti della recisione delle radici posteriori sui movimenti. *Sperimentale*. Settembre 1885.

evitare per quanto è possibile ogni lesione dei muscoli, per avere un campo operatorio libero da brandelli muscolari e per non andare incontro a forti emorragie. Con un ottuso scalpello e con molta pazienza, si riesce ad isolare le apofisi spinose senza quasi fare spargere una goccia di sangue. Ciò fatto, si introduce tra ciascuna apofisi ed il periostio, da entrambi i lati, un pezzettino di spugna, e questo serve a divaricare le incisioni fatte e ad ottenere un'emostasi completa. Si riuniscono quindi fra loro per lungo i singoli tratti divisi, e si viene così ad avere una larga breccia, che si tiene aperta con uncini trattenuti da pesi di piombo. Indi si prosegue, sempre col medesimo scalpello, a staccare il periostio dalle lamine vertebrali e dalle apofisi trasverse, in modo da scoprire tutta la metà posteriore dell' arco vertebrale.

Dopo di avere staccato con una tanaglia osteotoma le apofisi spinose, dovevamo eseguire l' apertura del canal vertebrale. Ciò negli animali più giovani, od in genere ad ossa meno compatte, si può ottenere adoperando una tanaglia osteotoma piegata ad angolo sul piatto, colla quale si può abbracciare una vertebra nel suo punto più stretto, cioè al disotto delle apofisi trasverse. Ma nel più dei casi bisogna servirsi del trapano, che permette anche di procedere con delicatezza maggiore. Ciò si fa applicando un piccolo trapano sulla base di un' apofisi spinosa recisa, e penetrando con esso cautamente fino a giungere appunto alla superficie interna dell' arco vertebrale. Tolto il dischetto formato dal trapano, si può allora colla tanaglia osteotoma asportare a poco a poco il resto dell' arco vertebrale, senza ferire il midollo sottostante. Questa operazione si deve ripetere per tutte le vertebre (3-5) che si vogliono asportare: nei nostri esperimenti in generale aprivamo il canale rachidiano in corrispondenza dell' ultima vertebra dorsale, e delle prime tre o quattro lombari.

In tal modo si ha una doccia, in fondo alla quale, coperto da uno strato più o meno fitto di adipe, appare il midollo spinale. Il grasso si toglie delicatamente con una piccola pinzetta, ed allora rimangono a nudo la dura madre e le radici spinali.

Su queste si può sperimentare benissimo senza bisogno di aprire il cavo della dura-madre; anzi l' uscita del liquido cefalo-rachidiano sarebbe un incidente dannosissimo, perchè,

oltre a cambiare di molto le condizioni fisiologiche del midollo, esso non renderebbe possibile di ottenere un campo operatorio affatto asciutto: condizione questa necessaria per poter bene isolare le radici sull' eccitatore.

Inutile il dire che durante tutto il processo operatorio, ma specialmente dopo l' apertura del canale vertebrale, usavamo sempre spugne a temperatura pressochè uguale a quella del corpo. A questo punto però sospendevamo l'operazione: procuravamo anzitutto di ottenere una perfetta emostasi, indi, tolti gli uncini, riempivamo di cotone il cavo formato, avvicinavamo provvisoriamente i labbri della ferita mantenendo aderenti i lembi cutanei con pinzette a pressione, e lasciavamo riposare l' animale per circa un' ora.

Seguendo le dette norme, abbiamo sempre veduto, come apparirà anche leggendo la descrizione dei nostri esperimenti, che l'eccitabilità delle radici motorie si conserva a lungo pressochè inalterata, contro quanto affermano di avere osservato, nelle rane, v. Bezold e Uspensky.

Dopo, riaperta la ferita, e ripulitone con cura il fondo dal liquido sieroso, o da sangue coagulato che vi si trovasse, comincia veramente l' esperimento. Con una pinzetta a punte sottili si solleva la dura madre formando su di essa una piccola piega, e così si può spostare leggermente il midollo dal lato opposto a quello su cui si intende di sperimentare, senza ledere minimamente il midollo stesso nè le radici. Con questo atto si mettono in evidenza le radici spinali di un lato; si tratta allora di isolarne un paio e di dividere l'anteriore dalla posteriore. Noi preferivamo una delle ultime paia, perchè più lungo è il tratto che esse percorrono nel canal vertebrale dal punto del loro distacco dal midollo fino al foro di coniugazione.

A questo scopo serve bene un piccolo uncino ottuso e con una curva spirale, che si introduce tra la radice anteriore e la posteriore al loro punto d' origine, e colla massima attenzione si fa scorrere lungo di esse finchè sono nettamente separate. Allora, col medesimo uncino ed evitando ogni brusco movimento, si solleva un poco la radice anteriore, finchè si giunge ad adagiarla sull' eccitatore, che si introduce nello stesso tempo coll' altra mano.

L' eccitatore da noi usato era quello del Ludwig [1], che permette di eccitare un tratto nervoso anche profondamente situato, isolandolo affatto dalle parti circostanti. La radice anteriore rimaneva infatti chiusa come in un piccolo tubo contenente i reofori; la posteriore rimaneva libera ed accessibile allo sperimentatore in tutto il tratto isolato.

Per produrre l' eccitazione nella radice anteriore, adoperavamo la corrente indotta, di cui si poteva variare l'intensità; ci servivamo a ciò di una slitta del Du Bois-Reymond, animata da una pila Grenet. La chiusura del circuito si otteneva con un comune interruttore Morse a tasto.

Nei nostri primi esperimenti osservavamo direttamente la contrazione muscolare dell' arto posteriore omonimo che si produceva prima della cocainizzazione: cercavamo così il grado a cui si aveva una contrazione piccola, ma tuttavia abbastanza evidente. Indi con un sottile pennello di vaio immerso in una soluzione di cloridrato di cocaina al 10 %, scorrevamo più volte sulla radice posteriore, e ritornando ad eccitare la radice anteriore collo stesso grado di corrente, si apprezzava il mutamento sopravvenuto nella contrazione.

Ma in seguito abbiamo voluto avere una dimostrazione più obbiettiva dei fenomeni prodottisi per le nostre esperienze, ed allora abbiamo fatto in modo di ottenere la grafica della contrazione muscolare. Anzitutto, con una leggera eccitazione della radice isolata, osservavamo in quale punto dei muscoli della coscia si avesse la contrazione più vivace; allora la coscia stessa veniva abbracciata con un apparecchio di trasmissione, composto di due timpani ricoperti da una membrana di gomma elastica, nel cui centro sporgeva un bottone spinto in fuori da una molla (come nei comuni cardiografi), riuniti fra loro da una cerniera di cui si poteva con una vite moderare l' apertura. Questo apparecchio veniva fissato alla coscia dell' animale per mezzo della vite stessa, e reso assolutamente immobile con punti di sutura sulla cute dell' arto: esso poi, mediante un tubo di caoutchouc, comunicava con un timpano a leva, che iscriveva le contrazioni su di un cilindro girante. Nel circuito fu intercalato allora un

[1] Cfr. Cyon. Methodik der physiologischen Experimente u. Vivisectionen. Giessen, 1876. Atlas, Taf. IV. Fig. 5.

segnale di Deprez, che segnava contemporaneamente la durata dell' eccitazione. Con questo sistema non fu più necessario produrre un' eccitazione di intensità minima, poichè qualunque diminuzione od aumento della contrazione veniva fedelmente registrato sul cilindro. Alcune delle grafiche così ottenute sono riprodotte nelle figure intercalate in questo lavoro [1].

Esperienza I. — In un grosso cane narcotizzato profondamente con iniezioni di morfina, si mette allo scoperto il midollo lombare col metodo descritto, in modo che si vedano anche le prime radici della coda equina. Fatta una larga breccia laterale, si solleva delicatamente con un uncino la radice posteriore del 2.° paio sacrale destro. Poi, introdotta la corrispondente radice anteriore nell' eccitatore, si determina la distanza dei due cilindri della slitta a cui si ha una debole ma evidente contrazione muscolare dell' arto posteriore del medesimo lato. Ripetendo alcune volte questa eccitazione a distanza di pochi secondi, l' arto si contrae sempre, per quanto si può apprezzare, nello stesso grado.

Tosto si cocainizza colla soluzione al 10 %, il tratto isolato della corrispondente radice posteriore. Al momento dell' applicazione non si osserva alcun fenomeno degno di nota. Dopo 1' si rieccita la radice motrice colla stessa intensità di corrente: la contrazione dei soliti gruppi muscolari è visibilmente molto diminuita. Dopo 2' è appena percettibile. Dopo 3' la corrente, che poco prima era attiva, non produce più la minima contrazione. L' eccitazione si ripete per parecchie volte, ma sempre senza effetto.

[1] Tranne l' Heidenhain, tutti gli autori che hanno lavorato su questo argomento non riportano tutte le loro esperienze; ma, come il Cyon stesso riconosce, solo quelle che hanno avuto un risultato positivo: oppure le riassumono in breve, riferendone solo alcune per esteso. Noi invece, non essendoci mossi a queste ricerche animati da alcun preconcetto, abbiamo voluto riferire tutti i nostri esperimenti, qualunque fosse il loro risultato. L' accordo quindi che ci è sembrato di poter trovare fra di loro è, per quanto abbiamo potuto, affatto obbiettivo. — Abbiamo naturalmente scartato alcune esperienze non riuscite per accidenti del tutto estrinseci al fatto che ricercavamo. Così una volta ci si spostò durante l' esperimento il doppio timpano che ci serviva da miografo; un altro paio di volte, non essendosi potuto ottenere che un grado superficialissimo di narcosi, l' animale era preso da movimenti convulsivi generalizzati, che rendevano incomprensibile la grafica ottenuta, ecc. — L' ordine con cui riferiamo le diverse esperienze non è il medesimo con cui furono eseguite; ma ci è sembrato più opportuno il riunirle in gruppi a seconda della ricerca speciale che in ciascuna fu tentata. Per questa ragione talvolta anche due esperienze successivamente fatte nel medesimo animale si trovano descritte in due serie diverse. Ma anche per il lettore questa divisione sarà utile: almeno a noi sembra che i risultati delle nostre ricerche riescano così più chiari e meglio paragonabili fra di loro. — In appendice alle nostre conclusioni riportiamo finalmente un' esperienza che sebbene non abbia potuto servirci per il fine che ci proponevamo, pure ha avuto un risultato interessante assai e che non abbiamo voluto astenerci dal ricordare.

Si avvicinano allora i due rocchetti della slitta a poco a poco: solo quando la distanza fra loro è diminuita di 4 cm., si vede nuovamente, al passaggio della corrente, una leggera contrazione. Continuando ad avvicinare i due rocchetti, fino a diminuire di 7 cm. la loro distanza primitiva, si ha una contrazione, per l'eccitamento della radice anteriore, che si può giudicare uguale a quella ottenuta prima della cocainizzazione. A questo punto l'eccitabilità, esplorata più volte, si mantiene apparentemente costante per parecchi minuti, trascorsi i quali si sospende l'esperimento.

Esperienza II. — Nel medesimo cane che ha servito all'esperienza precedente, si isolano le radici del primo paio sacrale a sinistra. Sollevata sull'eccitatore la radice anteriore, si ripete la medesima prova già praticata dal lato opposto.

La corrente necessaria a provocare una contrazione evidente a radici normali è pressochè uguale a quella trovata necessaria per l'altro lato. Quasi subito dopo l'applicazione della cocaina, la contrazione è già assai minore: 2′ dopo la radice è ineccitabile da quella corrente. Avvicinando di 5 cm. le due bobine, si ripresenta una contrazione che si può giudicare uguale alla primitiva.

Allora ripetiamo l'applicazione della cocaina: tosto anche la corrente così aumentata d'intensità è insufficiente a provocare una contrazione. Avvicinando dopo 2′, di altri 4 cm. i rocchetti, osserviamo di nuovo un' evidente scossa muscolare.

L'esperienza viene interrotta a questo punto.

Esperienza III. — Cane di media grandezza. Si apre col solito metodo il canal vertebrale, e si solleva sull'eccitatore la radice motrice di una delle paia del plesso lombo-sacrale a sinistra. Si è disposto sull'arto posteriore omonimo l'apparecchio descritto, per prendere il tracciato delle contrazioni.

Ore 4,40′ pom. I due rocchetti sono allontanati in modo da aversi una contrazione appena percettibile osservando l'arto dell'animale, ma che però viene scritta visibilmente sul cilindro girante. Si eccita la radice per quattro volte consecutive alla distanza di 30″ l'una dall'altra. Le quattro curve della contrazione hanno un'uguale altezza e la medesima forma. Ora si cocainizza tosto, colla soluzione indicata, la corrispondente radice posteriore.

Ore 4,43′ (1′ dopo la cocainizzazione). Si ripete l'eccitazione colla medesima distanza delle due bobine: nessuna contrazione è indicata dalla leva scrivente. Dopo 30″ si produce una nuova eccitazione, che pure rimane senza effetto.

Ore 4,44′. Si avvicinano di 1 cm. i due rocchetti. Al passaggio della corrente si osserva una lieve contrazione, di altezza minore che

la curva primitiva. Si ripete altre due volte nello spazio di pochi secondi l' eccitazione, e se ne ottengono curve sempre uguali per altezza e per forma.

Ore 4,45'. Si spennella nuovamente con cocaina la radice posteriore. Quasi immediatamente dopo, la medesima corrente è di nuovo inefficace a produrre una contrazione.

Nella *Fig. 1.*, che riproduce il tracciato così ottenuto, si segue benissimo il succedersi dei fenomeni descritti.

Esperienza IV. — Si scopre in un cane di media grandezza, colle regole usate, il midollo lombare; indi si isola un paio di radici dal lato sinistro. Sollevata l' anteriore sull' eccitatore, si determina la distanza fra i due rocchetti a cui si ottiene una contrazione abbastanza vivace, che viene iscritta col mezzo solito sul cilindro girante. Qui essendo questa volta la corrente piuttosto forte, si ha una curva più elevata che nell' esperienza precedente.

Ore 4,50' pom. Si provocano successivamente quattro contrazioni, alla distanza di 1' l' una dall'altra, eccitando la radice anteriore sempre collo stesso grado di corrente. In questo periodo di tempo non si osserva una diminuzione nell' eccitabilità della radice motrice.

Ore 4,53'. Si cocainizza la radice posteriore colla soluzione al 10 %.

Immediatamente dopo, il passaggio della corrente indotta produce una contrazione quasi uguale all' ultima avutasi prima della cocainizzazione.

Dopo pochi secondi si ripete l' eccitazione: la contrazione muscolare è appena apprezzabile direttamente, e solo è visibile per un sollevarsi leggerissimo dell' asta scrivente. Si ottiene così una curva appena elevata sull' ascissa. Ripetendo nuovamente l' eccitazione, si ha lo stesso risultato; e così ad una terza eccitazione. Si avvicinano allora di 1 cm. i due rocchetti, e si ritorna a chiudere il circuito: si ha una curva più elevata, ma minore delle curve primitive. Essa si mantiene pressochè uguale, ad altre tre eccitazioni colla stessa intensità di corrente. Si diminuisce ancora di 1 cm. la distanza fra i due rocchetti: e si ottiene finalmente una curva di altezza all' incirca uguale a quelle precedenti all' applicazione della cocaina.

Le quattro esperienze che precedono sono tutte concordi nei loro risultati. Vedremo in seguito come anche altre esperienze eseguite colla cocaina, ma in condizioni diverse, confermino quanto risulta da questa prima serie. Rileveremo intanto che l' applicazione della soluzione di cocaina su di una radice posteriore ha sempre avuto per effetto di diminuire in

FIG. 1. — (Esperienza III.)

1, 2. — Contrazioni a radici intatte.
K. — Cocainizzazione della radice posteriore.
3. — Eccitazione della radice anteriore, 1 minuto dopo la cocainizzazione della radice posteriore.
4. — Eccitazione provocata 30″ dopo la precedente.
5. — Contrazione ottenuta dopo aver avvicinati di 1 cm. i due rocchetti della slitta.
6, 7, 8. — Contrazioni in seguito ad eccitazioni successive.
K′. — Nuova applicazione di cocaina sulla radice posteriore.
9. — Eccitazione pochi secondi dopo la nuova cocainizzazione.

La linea inferiore del tracciato indica il tempo, in secondi; nelle figure successive questa linea venne tralasciata, essendosi mantenuta sempre uguale la velocità del cilindro girante. (Tra l' una eccitazione e l' altra però il cilindro veniva generalmente fermato).

modo evidente l'eccitabilità della radice posteriore omonima dello stesso lato: infatti se una data corrente prima della cocainizzazione produceva una scossa muscolare leggera, pochi istanti dopo, una corrente della medesima intensità non era capace di produrre più alcun movimento; se la contrazione prima che si applicasse la cocaina era un po' più significante, dopo, la curva registrata sul cilindro era molto meno elevata. Aumentando di una misura variabile, ma sempre più o meno leggera, l'intensità della corrente coll'avvicinare il rocchetto esterno della slitta al circuito induttore, si poteva riprodurre mediante l'eccitazione della radice anteriore una curva uguale a quella ottenuta prima della cocainizzazione della posteriore: la differenza d'intensità fra le due correnti rappresenta la diminuzione di eccitabilità avvenuta per la cocainizzazione.

Nelle Esper. II. e III., dopo di esser giunti, coll'aumentare lievemente l'intensità della corrente, ad ottenere una contrazione di altezza minore delle primitive, abbiamo nuovamente applicato la cocaina sulla radice posteriore, aumentando così la quantità dell'anestetico fatta agire su quella: dopo ciò si ottenne una nuova diminuzione dell'eccitabilità della radice anteriore.

Non si può rivolgere alle nostre esperienze l'obiezione sollevata da v. Bezold e Uspensky, cioè che la diminuita eccitabilità sia dovuta ad un lento e spontaneo decadere della medesima, che ha principio al momento dell'apertura del canal vertebrale. Infatti noi attendevamo, come già abbiam detto, dopo questa operazione, e come consiglia Cl. Bernard per la dimostrazione della sensibilità ricorrente, che l'animale si ristorasse dalle conseguenze immediate dell'atto operatorio, le quali del resto non potevano essere molto gravi, dal momento che esso veniva eseguito nelle migliori condizioni ed il midollo rimaneva involto dalla dura madre. Inoltre, e questo è il fatto più importante, avevamo cura di ripetere parecchie volte l'eccitazione prima di applicare la cocaina, e di assicurarci che l'altezza della curva rimanesse sempre uguale: invece questa decadeva rapidamente quasi subito dopo la cocainizzazione (Ved. *Fig. 1*).

Da queste prime ricerche risulterebbe quindi che: rendendo anestetiche colla cocaina le radici spinali

posteriori, diminuisce in maniera apprezzabile l'eccitabilità delle corrispondenti radici anteriori. E poichè la cocainizzazione non può da noi essere considerata che come un mezzo per abolire, senza il più piccolo stimolo irritativo, la funzione delle radici sensitive, così per le esperienze sopra riportate siamo portati a creder vera l' affermazione del Cyon, che l' integrità e la capacità a funzionare delle radici posteriori, sono una condizione che mantiene normalmente più eccitabili le radici anteriori omonime del medesimo lato.

Ottenuti questi effetti dalla semplice cocainizzazione delle radici posteriori, abbiamo voluto ritentare le esperienze dei nostri predecessori in questa materia, con un metodo analogo al loro, per vedere quale risultato avremmo ottenuto, e se era possibile trovare, con parecchi tentativi, la causa delle loro discordanze. Abbiamo quindi compito un altro gruppo di ricerche, sezionando, come il Cyon e gli altri citati, le radici posteriori.

2.ª SERIE DI ESPERIMENTI
(Taglio delle radici posteriori)

Il processo operatorio per mettere allo scoperto il midollo spinale era in queste nuove esperienze uguale a quello già descritto parlando delle ricerche colla cocaina. Solo, dopo di aver ottenuto sul cilindro la grafica delle contrazioni, che si producevano eccitando una radice anteriore con una corrente indotta di una intensità data, introducevamo un sottile coltellino del Graefe al disotto della corrispondente radice posteriore, e, producendo la minor trazione possibile, scorrevamo lentamente tagliando la radice stessa: indi ripetevamo l' eccitazione della radice motrice, per paragonare la nuova contrazione con quella ottenuta prima del taglio.

Esperienza V. — Cagna bracca di grandezza media. In questa, coll' iniezione sottocutanea di cgr. 40 di morfina, e colla somministrazione per bocca di gr. 2,5 di cloralio sciolto in acqua, si ottiene una narcosi assai profonda. Scoperto il midollo lombare, si sospende l' operazione per un' ora. Indi si introduce nell' eccitatore una radice anteriore del plesso lombare, e si stimola questa con un grado assai

debole di corrente faradica. Si hanno tuttavia contrazioni piuttosto vivaci dell' arto posteriore omonimo. Si scrivono sul cilindro girante tre contrazioni per eccitazioni successive, coll' intervallo di 1′ fra di loro: esse sono di altezza uguale.

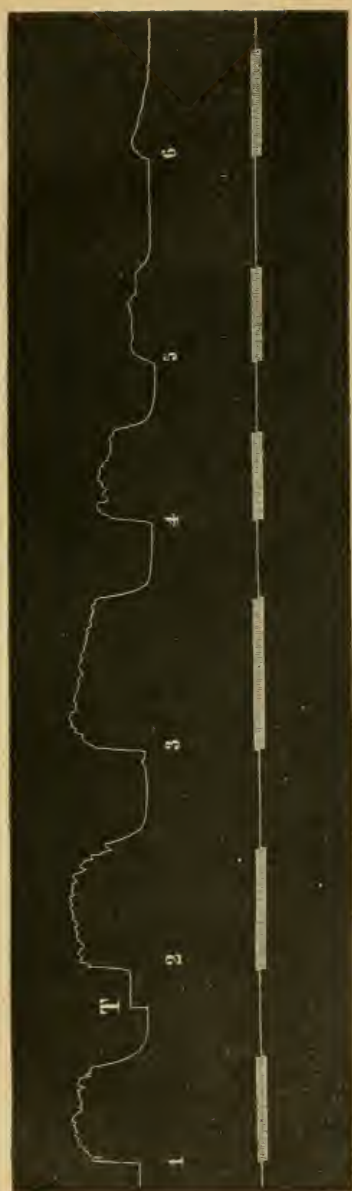
Si taglia, subito dopo l' ultima eccitazione, la radice posteriore corrispondente: l' animale non dà alcun segno di dolore. Dopo il taglio si rieccita tosto la radice anteriore colla stessa intensità di corrente: si ha una contrazione di altezza all' incirca uguale alle contrazioni precedenti. Dopo 30″, si ha invece una contrazione appena lievemente più alta. Dopo 1′, una nuova eccitazione produce una curva meno elevata. Dopo altri 30″ la contrazione è ancora più debole. Trascorsi 2″ da taglio, la contrazione è appena accennata. La *Fig. 2.* riproduce la grafica ottenuta in questo esperimento.

Esperienza VI. — Nel medesimo animale, che continua ad essere in uno stato di profonda e tranquilla narcosi, si isola un altro paio del plesso lombare del lato opposto. Colle solite norme, eccitando la radice anteriore, si segnano sul cilindro 4 contrazioni successive ottenute coll' intervallo di 1′ l' una dall' altra. La distanza fra i due rocchetti della slitta è uguale a quella dell' esperimento prima descritto: la corrente è debolissima: impercettibile anche ponendo i due reofori sulla punta della lingua. Le quattro curve sono tutte di altezza uguale.

Taglio della corrispondente radice posteriore. Nessun movimento reattivo da parte dell' animale. Subito dopo il taglio, ad una eccitazione colla medesima corrente, si ha una curva appena più elevata delle quattro precedenti. Dopo 1′ la contrazione diventa già evidentemente minore che a radice intatta. La diminuzione continua, finchè 3′ dopo il taglio la radice anteriore è divenuta ineccitabile per quella debole corrente.

Esperienza VII. — Medesimo animale. Nuovo paio inferiore al precedente. Corrente sempre della medesima intensità. Chiusa nell' eccitatore la radice anteriore, si provocano tre contrazioni successive a pochi secondi di distanza l' una dall' altra. Il miogramma ha sul cilindro sempre la medesima altezza.

Taglio della radice posteriore, senza che questo produca nell' animale una reazione dolorosa. Immediatamente dopo il taglio, la curva che si ottiene colla solita eccitazione è di altezza visibilmente minore. Questa medesima altezza si conserva senza più nessuna alterazione in più od in meno, per altre tre eccitazioni prodotte

FIG. 2. — (ESPERIENZA V.)

1. — Contrazione a radici intatte.
T. — Taglio della radice posteriore.
2. — Contrazione per eccitazione prodotta immediatamente dopo il taglio
3. — id. 30″ dopo il taglio.
4. — id. 1′ dopo il taglio.
5. — id. 30″ dopo l'eccitazione precedente.
6. — id. 2′ dopo il taglio.

coll' intervallo di 1' fra loro. Un' ultima eccitazione colla medesima intensità di corrente rimane quasi senza effetto (Vedi *Fig. 3*).

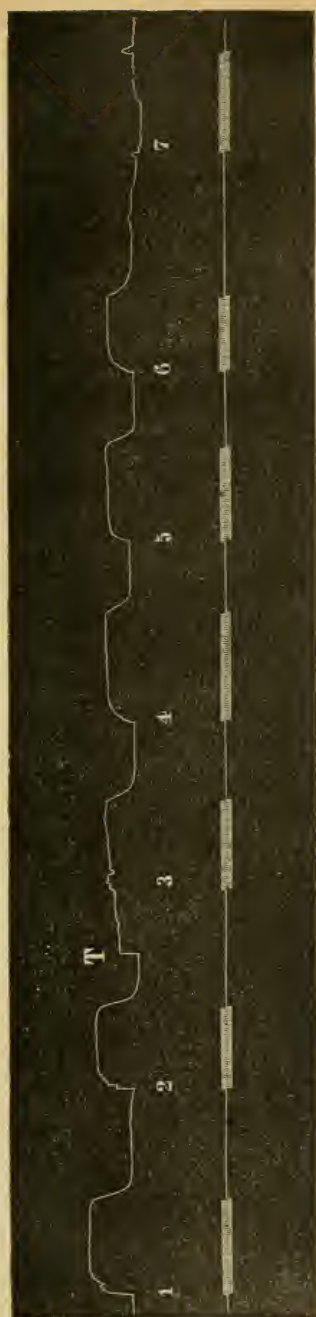
Esperienza VIII. — Nello stesso cane adoperato per l' Esper. III. colla cocaina, si solleva sull'eccitatore una radice anteriore del plesso lombare a destra. Con una corrente assai debole si provocano quattro contrazioni successive con 1' d' intervallo: dalla curva che segnano sul cilindro girante, appare che esse sono tutte uguali.

Taglio della radice posteriore del medesimo paio. In questo animale non si era potuta ottenere una buona narcosi, ed al momento del taglio ha luogo una viva reazione dolorosa: il cane emette forti grida, ed in tutto il corpo si agita con violenti moti attivi. Due eccitazioni consecutive, prodotte subito dopo il taglio, non sono seguite da alcuna contrazione, e la leva scrivente non si innalza sulla ascissa: invece continuano i segni di dolore e le scosse generali.

Si attende che l' animale si sia alquanto calmato, e si ripete l' eccitazione (4' dopo il taglio): si ha una curva molto più alta che quella ottenuta a radici intatte. Parecchie eccitazioni consecutive hanno il medesimo effetto. Trascorsi 8' dal taglio, la contrazione conserva la medesima intensità. Dopo 15' dal taglio, la curva prodotta colla stessa corrente è anche un poco più elevata. La solita eccitazione, da questo momento in poi, ripetuta altre quattro volte, rispettivamente a 20, 25, 30, 35 minuti dopo il taglio, conserva sempre il medesimo effetto. A questo punto si interrompe l' esperimento, per intraprenderne un altro, che verrà a suo luogo descritto (cocainizzazione del moncone centrale della radice posteriore).

In questo caso adunque, subito dopo la sezione della radice posteriore, si ebbe una momentanea notevole diminuzione dell' eccitabilità della corrispondente radice anteriore, la quale divenne anzi del tutto ineccitabile per la corrente prima capace di produrre una visibile contrazione: pochi minuti dopo, questa diminuzione fu seguita da un aumento pure abbastanza significante dell' eccitabilità rispetto al grado che si era notato prima del taglio della radice posteriore. Tale aumento rimase costante (salvo un altro lieve innalzarsi della curva al 15.° minuto), per almeno mezz' ora dopo il taglio, dopo di che furono alterate le condizioni dell' esperimento.

Esperienza IX. — Altro cane, in cui, scoperto il midollo lombare, si isola un paio di radici dal lato sinistro. Ad onta che si sia somministrato all' animale morfina e cloralio, non si ottiene una buona narcosi. Questa viene completata, durante l' operazione di mettere a nudo il midollo, con inalazioni di cloroformio; ma sospese queste il cane si risveglia. Con una debole corrente si eccita la radice anteriore, e si fa scrivere la contrazione sul cilindro.

FIG. 3. — (ESPERIENZA VII.)

1, 2. — Contrazioni a radici intatte.
T. — Taglio della radice posteriore.
3. — Contrazione immediatamente dopo il taglio, ottenuta con una corrente della medesima intensità.
4, 5, 6. — Contrazioni successive, ottenute coll' intervallo di 1' fra loro.
7. — Eccitazione provocata 4' dopo il taglio della radice posteriore.

Taglio della radice posteriore: grida dolorose e movimenti da parte dell' animale. Immediatamente si ripete l' eccitazione: curva di contrazione assai più elevata che prima del taglio. Dopo 30″ si prova nuovamente ad eccitare, e non se ne ha effetto visibile; così pure ad un' altra eccitazione provocata dopo pochi secondi dalla precedente. Dopo 1′ la medesima corrente produce una contrazione molto leggera, minore di quella ottenuta prima del taglio. Altre due eccitazioni ripetute a breve intervallo dànno una curva uguale alle precedente. L' esperimento si sospende qui, e sulla radice stessa si procede ad un'altra ricerca.

In questo caso, per il taglio, si è avuto prima un notevole aumento di brevissima durata; indi una temporanea ineccitabilità per la medesima corrente; e da ultimo un grado di eccitabilità abbastanza visibile, ma minore che prima della sezione della radice posteriore.

Esperienza X. — Nell' Esper. IV. abbiamo riferito i risultati ottenuti colla cocainizzazione di una radice posteriore. Abbiamo veduto come l' applicazione della cocaina diminuisse fino quasi ad abolirla, l' eccitabilità (per la medesima corrente usata prima della cocainizzazione) della radice anteriore corrispondente. Abbiamo altresì notato come per un piccolo avvicinamento dei due rocchetti della slitta (2 cm.), si osservasse un ripristinarsi della forza di contrazione primitiva.

Dopo 3′ dall'interruzione di questo esperimento *(ore 4,57′ pom.)* si provocano, alla distanza di 30″ fra di loro, due contrazioni eccitando la radice anteriore stessa. Queste sono apprezzabilmente uguali fra di loro, ed a quelle ottenute alla fine dell' esperienza colla cocaina.

Ore 4,58′. Si taglia la radice posteriore. Essendo questa affatto insensibile per la precedente cocainizzazione, l' animale non dà il minimo segno di aver avvertito la nuova lesione.

Immediatamente, eccitando la radice anteriore colla uguale corrente, si ha una curva di contrazione assai meno elevata sull'ascissa. Questo stesso grado di eccitabilità si conserva per altre due contrazioni provocate con intervallo di pochi secondi.

Ore 4,59′. Si diminuisce di 1 cm. la distanza fra i due rocchetti della slitta: eccitando con questa corrente, si ha una curva notevolmente più elevata che le precedenti, ma meno che quelle avute immediatamente prima del taglio. Ad una nuova eccitazione che si fa seguire dopo pochi secondi, l' altezza del miogramma rimane uguale.

Ore 5. Si riavvicinano ancora di 1 cm. i due rocchetti: eccitazione: contrazione più forte; la curva è quasi uguale per altezza a quelle ottenute prima del taglio.

Avvicinando finalmente ancora di 1 cm. (in tutto dopo il taglio cm. 3) i rocchetti, si ha una contrazione appena superiore a quella che, prima della sezione della radice posteriore, si aveva con una distanza dei rocchetti maggiore di 3 cm. Mantenendo inalterata la intensità della corrente, si ripetono ancora nello spazio di 3', altre 6 eccitazioni, le quali producono contrazioni segnate sul cilindro da curve sempre apprezzabilmente uguali.

Da questa esperienza, i cui diversi momenti ci sembrano assai interessanti, risulterebbe dunque che per il taglio della radice posteriore è diminuita ancora l'eccitabilità della radice anteriore corrispondente, mentre questa eccitabilità erasi già abbassata per la cocainizzazione della radice posteriore stessa. Questo fatto potrebbe farci sospettare che, per troppa parsimonia nell'applicazione della cocaina, questa non fosse penetrata in tutto lo spessore della radice; specialmente considerando che noi, appunto per evitare l'azione dell'alcaloide su parti vicine, eravamo sempre molto cauti e piuttosto scarsi nello spennellare le radici stesse. Si potrebbe pure credere che l'effetto della cocaina fosse già svanito. Senonchè, come abbiamo sopra notato, la radice cocainizzata era, al momento del taglio, perfettamente insensibile per gli stimoli dolorifici: se quindi da un solo esperimento fosse lecito concludere, si potrebbe azzardare l'ipotesi che la cocaina non abolisca del tutto la conducibilità fisiologica delle fibre nervose sensitive, nel senso che forse alcuni stimoli particolari possono tuttora essere trasmessi in via centripeta, quando già per la cocainizzazione è interrotta la conduzione degli stimoli dolorosi. Ma, ripetiamo, un fatto solo non è sufficiente perchè possiamo pretenderci neppure lontanamente autorizzati ad un giudizio; tanto più che esso urterebbe contro altri risultati già ben noti: ci contentiamo quindi di registrarlo, attendendo che nuove esperienze nostre o di altri rischiarino questo punto.

Riunendo ora i risultati ottenuti in questa seconda serie di esperimenti, ne troviamo alcuni visibilmente concordanti fra loro; altre esperienze invece hanno avuto un effetto che a tutta prima può sembrare contraddica ai primi.

Le Esperienze V. e VI., eseguite su due diverse paia di radici nel medesimo animale, hanno avuto un identico

risultato. Subito, o poco dopo il taglio di una radice posteriore del plesso lombare, si è veduto un lieve innalzarsi dell'eccitabilità della radice anteriore del medesimo paio. Quasi immediatamente però l' eccitabilità diminuiva con rapidità dopo il taglio: la curva di contrazione era meno elevata, e 2'-3' dopo l' operazione la radice anteriore era divenuta quasi od assolutamente ineccitabile per la debole corrente, che a radice posteriore intatta dava una contrazione abbastanza spiccata.

L' Esper. VII., pure praticata nel medesimo cane, ha dato un effetto finale uguale alle due precedenti, cioè un notevole abbassamento della capacità di eccitazione della radice anteriore dopo il taglio della posteriore corrispondente: però qui non si è rivelato il transitorio aumento dell' eccitabilità che abbiamo notato nelle due esperienze precedenti; il taglio è stato anzi seguito subito da una diminuzione dell' eccitabilità motrice, vale a dire che si è avuto il risultato medesimo ottenuto nella prima serie, colla cocainizzazione della radice posteriore.

Nell' Esper. X., in un altro animale, si è eseguito il taglio di una radice posteriore che era già stata resa insensibile per mezzo della cocaina. Anche qui si è ripetuto il medesimo fatto, cioè un immediato diminuire dell' eccitabilità della radice anteriore, dopo il taglio della corrispondente posteriore, senza il breve periodo intercalare di eccitabilità aumentata.

Queste prime quattro esperienze sono dunque abbastanza concordi fra loro, poichè in tutte si è avuto come effetto del taglio di una radice posteriore una diminuzione di eccitabilità nella radice anteriore omonima del medesimo lato. Però, nelle Esper. V. e VI., alla diminuzione precedette un lieve aumento dell' eccitabilità di brevissima durata (un minuto): questo fatto non si è invece verificato nelle Esper. VII. e X., in cui l'abbassarsi della curva di contrazione seguì senza indugio al taglio, come se la radice posteriore fosse stata cocainizzata.

Da tuttociò ci sembra si possa concludere che anche per il taglio delle radici posteriori diminuisce l' eccitabilità delle radici motrici corrispondenti, e quindi sarebbero esatti i risultati del Cyon, dello Steinmann e del Guttmann, e sarebbero confermate le conclusioni tratte dai nostri esperimenti colla cocaina.

Ma come spiegare il lieve e transitorio innalzarsi della curva di contrazione, da noi osservato nelle Esper. V. e VI., subito dopo il taglio delle radici posteriori?

Abbiamo veduto come, nelle quattro esperienze che precedono, l' animale fosse sempre in uno stato di tranquillo e profondo sonno da narcotici, e come non rispondesse più con segni di dolore a stimoli normalmente dolorosissimi: il taglio delle radici posteriori, il solo contatto delle quali con un corpo estraneo dà in altre condizioni spasimi e moti convulsivi, era qui affatto inavvertito: era dunque spenta la eccitabilità della corteccia cerebrale per gli stimoli provenienti dalla periferia. Ma si poteva del pari dire abolita l' eccitabilità del midollo spinale? No di certo, nè quella delle radici sensitive; e la miglior prova si può trovare nella modificazione evidente che in questi casi si ebbe nella eccitabilità delle radici anteriori per il taglio delle radici posteriori, e ciò non poteva avvenire che per un' influenza esercitantesi attraverso l' arco diastaltico midollare. Ora, per quanta cautela e delicatezza si usasse da noi nel praticare il taglio delle radici posteriori, è evidente, e del resto ce ne siamo persuasi coll' esperienza, che tale atto era quasi impossibile a compiersi senza qualche lieve stiramento delle radici stesse; ed anzi il solo passaggio del tagliente doveva rappresentare sulla superficie di sezione uno stimolo più o meno intenso, a seconda del grado di facilità con cui si eseguiva il taglio, e di altri momenti.

Ed appunto noi crediamo che quel passeggero e debolissimo aumento di eccitabilità osservato subito dopo il taglio delle radici, si debba riferire ad una lieve irritazione della radice posteriore, che si produceva per l'atto stesso del taglio, e che tosto però si dileguava.

La teoria sviluppata dal Cyon ed accettata da coloro che hanno poi potuto confermare i suoi risultati, ammette che per il taglio delle radici posteriori venga abolita la trasmissione di stimoli che continuamente giungono, a condizioni normali, dalla periferia al midollo, e di qui si riflettono sulle fibre motrici. Così un' eccitazione sempre di ugual grado agirà con minore effetto sul nervo motore, quando non le si aggiunga più l' afflusso fisiologico di stimoli sensitivi, quando cioè la radice posteriore non comunichi più colle terminazioni nervose,

Dato questo, è logico indurne, secondo noi, che un aumento patologico di quest' onda centripeta, quale può aver luogo per un' irritazione del moncone centrale della radice recisa, dovrà, contrariamente al taglio, aumentare l' eccitabilità della radice anteriore; giacchè allo stimolo (sempre uguale) portato artificialmente sulle fibre motrici (nel nostro caso la corrente indotta), deve sommarsi la stimolazione reflessa maggiore della norma, prodotta dall' irritazione delle fibre sensitive.

Ora, che alla nostra ipotesi corrispondano i fatti, è provato precisamente da quel leggero e brevissimo aumento dell' eccitabilità motrice, che ha luogo subito dopo il taglio delle radici posteriori sebbene eseguito con ogni precauzione.

L' Esper. X. poi conferma quanto abbiamo ora detto. In essa infatti si ebbe, dopo il taglio della radice posteriore, un immediato diminuire dell' eccitabilità della radice anteriore dello stesso paio: ora qui la radice posteriore, essendo stata prima cocainizzata, era resa affatto insensibile per gli stimoli dolorosi, sebbene, come abbiamo già detto sopra, non potesse probabilmente escludersi che la conducibilità delle stesse fibre per stimoli centripeti di altra natura, — quali forse possono essere dati solo dalle terminazioni sensitive specifiche nella cute o nei muscoli, — fosse in parte conservata. Non poteva quindi più aversi qui un diffondersi anche momentaneo al midollo, dell' irritazione leggerissima prodotta dal taglio eseguito con ogni cautela, dal momento che la radice sensitiva era già quasi incapace di condurre al midollo le diverse eccitazioni, e specialmente gli stimoli dolorosi.

Nell'Esper. VII. finalmente, in cui non precedette al taglio la cocainizzazione della radice posteriore, si ebbe lo stesso effetto: diminuita eccitabilità della radice anteriore subito dopo l' operazione. Ora qui è probabile entrino in considerazione altri momenti capaci di diminuire la irritabilità del moncone centrale della radice posteriore, come la prolungata narcosi; oppure il taglio avvenne forse in questo caso con insolita facilità, e quindi col minimo di irritazione.

Ci rimane ora a confrontare con questi dati ciò che si è verificato nelle Esper. VIII. e IX., le quali hanno avuto un andamento differente da quelle prima discusse.

Anche nell' Esper. IX. l' esito finale dell' operazione medesima è stato uguale a quello ottenuto negli altri animali: senonchè, alla diminuzione di eccitabilità, precedettero due distinti periodi, entrambi di brevissima durata. E cioè: istantaneamente dopo il taglio, eccitando la radice anteriore del paio preparato si vide prodursi una contrazione molto più forte di quella che prima dava una corrente della medesima intensità; ma subito a questo periodo seguiva una assoluta ineccitabilità pure temporanea: questa a sua volta lasciava il posto finalmente ad un grado di eccitabilità minore che prima del taglio, come abbiamo veduto in tutte le esperienze precedenti.

Nell' Esper. VIII. poi non abbiamo più una diminuzione di eccitabilità della radice motrice, immediata o coll' intervallo di 1'-2', per il taglio della corrispondente radice sensitiva. Al contrario: subito dopo la sezione della radice si ha una ineccitabilità transitoria per uno stimolo prima efficace; ma già poco dopo troviamo un grande aumento dell' eccitabilità stessa, che più non scompare per tutta la durata dell' esperimento, cioè per 35 minuti.

Noi abbiamo sopra riportato un fedele riassunto dei risultati delle nostre ricerche, e questo ci sarà molto utile, poichè se noi ci limitassimo a confrontare fra loro le grafiche ottenute, non riusciremmo mai a spiegarci le contraddizioni apparenti di queste due esperienze, e specialmente dell' ultima, con quelle prima riferite. Ma seguendo con attenzione i varî fenomeni presentatisi alla nostra osservazione durante le esperienze stesse, possiamo renderci ragione delle deviazioni ottenute.

Infatti, come abbiamo notato, il corso delle Esper. VIII. e IX., eseguite su due cani diversi, differì da quello delle altre finora descritte, perchè non si potè in esse ottenere una buona narcosi dell' animale, il quale reagì all' operazione dando tutti i segni di un vivo dolore.

Questo momento nuovo, intervenuto contro il nostro volere, può contribuire a spiegare, secondo noi, tanto lo straordinario e permanente aumento di eccitabilità osservato nell' Esper. VIII., quanto la transitoria ineccitabilità presentatasi nell' Esper. IX.

Che una forte sensazione dolorosa possa essere capace di aumentare l' eccitabilità dei nervi motori, non sembrerà in

contraddizione con altri dati della fisiologia del sistema nervoso, e con quanto abbiamo veduto verificarsi nelle esperienze precedenti, nè colla teoria del Cyon. Inoltre in un animale imperfettamente narcotizzato, anche l' eccitabilità del midollo è meglio conservata, e quindi l' irritazione prodotta dal taglio delle radici posteriori dovrà risentirsi in maniera reflessa con intensità maggiore. Ed anzi dobbiamo qui ricordare come colla morfina molte volte, per idiosincrasia individuale, non si riesca mai ad ottenere nei cani una buona narcosi, mentre in questi animali refrattari all' azione ipnotica dell' alcaloide esso agisce aumentando l' eccitabilità spinale. Per cui, indipendentemente dal fenomeno dolore, anche per un aumento dell' eccitabilità reflessa spinale potrà, in seguito ad un' irritazione periferica, aversi una più forte reazione per parte delle radici motrici. Ma sul modo con cui forti stimoli dolorifici agiscono in riguardo all' eccitabilità delle radici motrici, ritorneremo molto più diffusamente nella serie seguente di esperienze: per ora solo riferiremo una prova che facemmo nell' animale che fu oggetto dell' Esper. VIII.

Esperienza XI. — 35′ dopo il taglio della radice posteriore, l' eccitabilità della radice anteriore corrispondente si manteneva costante, e molto più elevata che prima del taglio. A questo punto si applica con un pennello la solita soluzione cocainica sul moncone centrale della radice posteriore.

Dopo 1′ dalla cocainizzazione, l'eccitabilità della radice anteriore esplorata colla medesima corrente di prima, non ha subito alcun notevole cambiamento. Dopo 2′, la curva di contrazione è invece già evidentemente più bassa. Dopo 5′ è ancora assai diminuita. Finalmente 8′ dopo l' applicazione della cocaina, la radice anteriore è divenuta affatto ineccitabile per quella corrente.

Si diminuisce allora di 3 cm. la distanza fra i due rocchetti della slitta: al passaggio della corrente si ottiene una lieve contrazione. Diminuendo la distanza di 5 cm. da quella che si aveva prima della cocainizzazione, la curva di contrazione é assai più alta; però molto meno che prima di eseguire quest' esperienza. (Vedi *Fig. 4).*

Dunque l' eccitabilità di una radice anteriore, fortemente aumentata, — in un cane imperfettamente narcotizzato, — per il taglio della radice posteriore del medesimo paio, è poi enormemente diminuita per l' applicazione di cocaina sul

FIG. 4. — (Esperienza XI.)

1. — Contrazione di intensità molto accresciuta, 35 minuti dopo il taglio della radice posteriore.
K. — Si cocainizza il moncone centrale della radice posteriore.
2. — Contrazione 1′ dopo la cocainizzazione.
3. — id. 2′ id. id.
4. — id. 3′ id. id.
5. — Eccitazione provocata 8′ dopo la cocainizzazione.
6. — Contrazione ottenuta dopo di aver diminuito di 5 cm. la distanza dei due rocchetti.
7. — id. id. id. di 5 cm. id. id.

moncone centrale della radice sensitiva recisa. Con questa cocainizzazione infatti, non solo la curva di contrazione, dopo 2 minuti, è discesa in confronto ai miogrammi ottenuti dopo il taglio e per la durata di 35 minuti; ma persino è divenuta nulla, per una intensità di corrente che prima del taglio della radice posteriore bastava a dare una evidente contrazione. Per ciò è logica la supposizione che nel caso occorsoci nell' Esper. VIII., per la maggiore eccitabilità dell' animale, e forse anche per un involontario maltrattamento della radice sensitiva nell' atto del taglio, si sia prodotta un' irritazione ben maggiore dell' ordinario, la quale da un lato per l'ipereccitabilità prodotta dal dolore, ma anche d' altra parte per una pura azione reflessa spinale, ha reso permanenti, od almeno ha prolungato per una durata indefinita quelle condizioni, che in altri nostri esperimenti hanno prodotto un lieve e pressochè istantaneo aumento dell' eccitabilità motoria subito dopo il taglio delle radici posteriori.

Il rapido cessare di questa ipereccitabilità in seguito all' applicazione di cocaina, ci prova che nell' Esper. XI. la superficie di sezione del moncone centrale della radice posteriore era divenuta sede di una intensa irritazione che si diffondeva attraverso le cellule gangliari fino alle radici motrici; la cocainizzazione, abolendo il passaggio di quest' onda reflessa esagerata, rese tosto nullo l' effetto dell' irritazione periferica.

Dobbiamo però spiegare un altro fatto: cioè la transitoria ineccitabilità della radice anteriore osservata nell' Esper. VIII. stessa immediatamente dopo il taglio della radice sensitiva; e nell' Esper. IX. osservata quasi subito dopo la medesima operazione, mentre la prima contrazione provocata dopo il taglio aveva rivelato un aumento di eccitabilità della radice anteriore.

Questi risultati tosto ci richiamano alla mente una teoria, che chiarisce assai bene parecchi altri analoghi fenomeni a tutti noti nella vita nervosa. Colla teoria della inibizione cioè si comprende come una forte impressione periferica possa paralizzare momentaneamente alcuni apparecchi motori, secretori o sensitivi; è anzi noto che le sensazioni dolorifiche agiscono non di rado come cause paralizzanti, per l' azione inibitrice di centri nervosi superiori.

Probabilmente però non è necessario l'intervento di questi centri, e forse anche un semplice diffondersi dell' irritazione, per uno stimolo sensitivo troppo forte, alle cellule gangliari spinali, è sufficiente a produrre per il loro intermezzo un arresto della capacità a funzionare dei nervi motori che ne dipendono.

Questo ci rende ragione del momentaneo aumento di eccitabilità motoria ottenuto nella Esper. IX. in seguito al taglio della radice posteriore: allora forse non si era ancora diffusa l' irritazione fino alle cellule nervose; ma dopo pochi secondi successe il periodo di arresto, seguito infine dalla solita diminuzione di eccitabilità della radice anteriore. Nella Esper. VIII. invece l' irritazione, per il modo con cui fu eseguito il taglio, o per altre ragioni che ci sfuggono, fu molto maggiore; e qui si ebbe subito un periodo di arrestata eccitabilità per quella data corrente, cui successe una ipereccitabilità di lunghissima durata.

Ma di ciò riparleremo fra poco. Intanto possiamo, anche da questo secondo gruppo di esperimenti trarre qualche conclusione. Ci risulta infatti che: per il taglio delle radici spinali posteriori, si ha quasi sempre come effetto finale una diminuzione di eccitabilità delle corrispondenti radici motrici. Nel più dei casi, tale diminuzione è preceduta da un lieve e momentaneo aumento dell' eccitabilità stessa; che ha luogo immediatamente dopo la recisione della radice sensitiva: questa transitoria ipereccitabilità, che manca nelle esperienze colla cocainizzazione, è l' effetto, secondo noi, della stimolazione centripeta prodotta dal taglio. In singoli casi poi, per il taglio delle radici posteriori, può aversi una duratura ipereccitabilità delle radici anteriori od un transitorio arresto dell'eccitabilità, da attribuirsi ad una forte irritazione che si diffonde fino alle cellule nervose del midollo, o ad una inibizione per parte di centri più elevati.

Le spiegazioni che abbiamo dato dei fatti ultimamente presi in considerazione, ci sembrano abbastanza semplici e naturali; tuttavia abbiamo voluto, mediante nuove esperienze

suggeriteci dai risultati medesimi, cercar di riprodurre gli stessi fenomeni, per verificarne le condizioni determinanti. A questo scopo abbiamo intrapreso alcune altre ricerche, irritando volontariamente le radici sensitive.

3.ª SERIE DI ESPERIMENTI

(Irritazione delle radici posteriori)

Preparate nella maniera usata in un cane le paia spinali su cui volevamo operare, si sollevava sull' eccitatore del Ludwig una delle radici anteriori scoperte; si eccitava allora con una data corrente indotta, generalmente debole, la radice stessa, e si segnava coll' apparecchio descritto, sopra un cilindro girante, la curva di contrazione dei muscoli dell' arto posteriore del medesimo lato. Indi, mantenuto costante il grado della corrente, irritavamo con mezzi meccanici (cioè legando con un filo, punzecchiando con un ago, o stringendo con una pinzetta) la corrispondente radice sensitiva. Subito dopo, chiudendo di nuovo il circuito, provocavamo una nuova contrazione che veniva pure iscritta sul cilindro, e continuavamo poi con successive eccitazioni ad intervalli più o meno lunghi, per un tempo variabile nei diversi esperimenti.

Esperienza XII. — In un cane operato colle solite precauzioni ed in uno stato di mediocre narcosi, si isola un paio nervoso del plesso lombo-sacrale a destra. La radice anteriore viene chiusa nell'eccitatore, ed allora, partendo dalla massima distanza dei due rocchetti della slitta, si aumenta a poco a poco la corrente, finchè si ottiene una contrazione espressa sul cilindro con una curva non molto accennata.

A) Ore 1,56' pom. Distanza dei due rocchetti della slitta cm. 29. Si ha una curva non molto elevata. Si ripetono, ad intervallo di 1' fra loro, altre due eccitazioni, che dànno una curva di altezza sensibilmente uguale.

Ore 1,58' pom. Si solleva leggermente la radice posteriore, indi vi si passa al disotto un filo, col quale viene poi subito strettamente legata la radice stessa. A quest' atto l' animale, prima quieto, emette all' improvviso forti strida, si agita convulsamente, dà insomma tutti i segni di un vivo dolore. Tosto si taglia la radice legata, immediatamente al di là della legatura verso la periferia. Continuano le grida e i lamenti.

Ore 1,59' pom. Si produce colla medesima distanza dei rocchetti una nuova eccitazione della radice anteriore: si ottiene una curva di contrazione incomparabilmente più elevata che la precedente. Ripetendo ad intervalli di pochi secondi altre 3 eccitazioni, la contrazione conserva sempre la medesima forza (Vedi *Fig. 5).*

FIG. 5. — (ESPERIENZA XII. *A.*)

Distanza dei due rocchetti cm. 33.

1. — Contrazione ottenuta prima di irritare la radice posteriore.

I. — Irritazione fortissima della radice posteriore, prodotta legando strettamente la medesima con un filo.

2, 3, 4, 5. — Contrazioni ottenute per successive eccitazioni colla medesima intensità di corrente, dopo la legatura della radice posteriore.

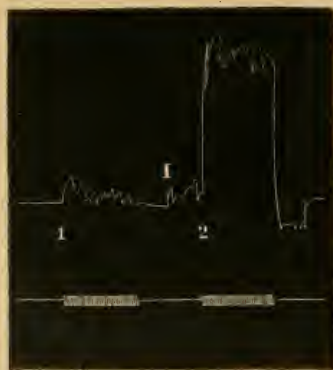
Ore 2 pom. Aumentando prima di 1 cm., poi di 2 cm. la distanza fra i due rocchetti, i miogrammi che si ottengono non differiscono dai precedenti. Aumentando tale distanza di un altro centimetro, si comincia a scorgere un abbassarsi della curva di contrazione; ma solo quando i rocchetti sono posti alla distanza di 33 cm. (4 cm. più lontani che prima della legatura), si ha una contrazione, per un eccitamento elettrico della stessa intensità, pressochè uguale a quelli che si ottenevano prima dell' irritazione, essendo i rocchetti alla distanza di cm. 29.

B) Affine di sperimentare se questo stato irritativo svanisse presto, si lascia passare circa un quarto d'ora, durante il qual tempo, ad intervalli di 2-3 minuti, si ritornano a provocare contrazioni. Ma queste, trascorso il periodo indicato, hanno la medesima forza che quelle ottenute appena i rocchetti furono allontanati fino a 33 cm.

Allora *(ore 2,18' pom.)* sempre al medesimo scopo, si ritorna ad aumentare a poco a poco la forza della corrente, fino a condurla all' intensità che si aveva prima dell' irritazione (29 cm). Ebbene, parallelamente a questo progressivo aumento della corrente, si è visto elevarsi rapidamente l' altezza dei miogrammi, fino a raggiungere un' altezza uguale a quella che si ebbe colla medesima corrente subito dopo la legatura della radice posteriore, ed anzi un' altezza leggermente superiore.

Dopo un non breve intervallo, durante il quale ci siamo assicurati, con ripetute eccitazioni, che la radice anteriore non ha perduto nulla della ipereccitabilità acquistata per l' irritazione della radice sensitiva, riconduciamo un'altra volta *(ore 2,40' pom.)* i due rocchetti alla distanza a cui si otteneva nuovamente una debole contrazione (cm. 33). Ripetute eccitazioni ci mostrano la permanenza delle medesime condizioni.

Ore 2,52' pom. Un' eccitazione colla stessa intensità di corrente produce una contrazione poco accentuata: leggermente minore di quelle ottenute in principio dell' esperimento. A questo punto stringiamo fortemente con una pinzetta a pressione il moncone centrale della radice tagliata, al disopra della legatura. L'animale dà nuovamente segni di intenso dolore. La pinzetta si toglie subito, e si eccita di nuovo la radice anteriore. Si ottiene allora una violenta contrazione muscolare, che dà una curva sul cilindro elevatissima, quasi

FIG. 6. — (ESPERIENZA XII. *B.*)

Distanza dei due rocchetti cm. 33.

1. — Contrazione ottenuta dopo aver ricondotto i rocchetti alla distanza indicata.

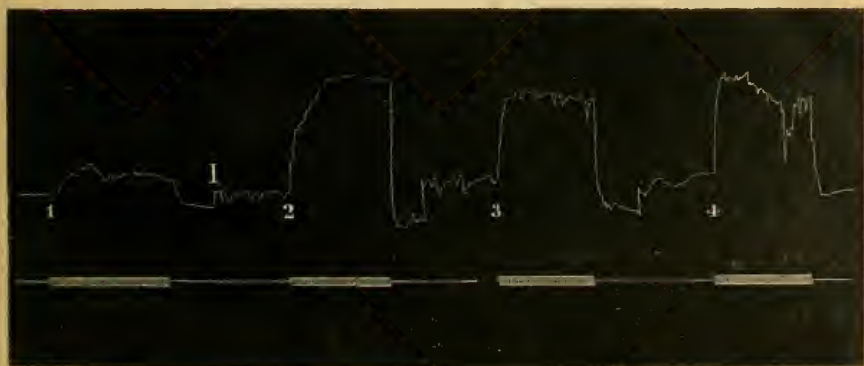
I. — Si applica una pinzetta a molla sul moncone centrale della radice posteriore, al disopra della legatura.

2. — Contrazione subito dopo la detta irritazione.

uguale a quelle riprodotte nella *Fig. 5*, ed ottenute subito dopo la legatura ed il taglio della radice posteriore. Però mentre in quel caso i rocchetti erano alla distanza di 29 cm., qui invece, dopo una nuova e fortissima irritazione del moncone della radice sensitiva, si ebbe una curva, di contrazione elevatissima benchè i rocchetti fossero di 4 cm. più lontani (Ved. *Fig. 6*).

Esperienza XIII. — Nello stesso animale si isola un altro paio di radici spinali dal medesimo lato, e superiore al precedente. Introdotta la radice anteriore nell'eccitatore, si cerca a quale distanza è dato ottenere una contrazione di mediocre forza.

A) *Ore 3,11' pom.* Essendo a 29 cm. di distanza fra loro i due rocchetti, si provoca una contrazione, segnata sul cilindro girante da una curva poco elevata (Ved. *Fig. 7*). Nell'intento allora di produrre una viva irritazione della radice posteriore, come si fece

FIG. 7. — (Esperienza XIII. *A.*)

Distanza dei due rocchetti cm. 29.

1. — Contrazione a radici intatte.

I. — Si passa un filo sotto la radice posteriore, producendo uno stiramento della medesima. Segni di vivo dolore dell'animale.

2. — Contrazione provocata subito dopo l'irritazione.

3, 4. — Contrazioni provocate successivamente, alla distanza di 1 minuto fra di loro.

Si fanno seguire alcune altre eccitazioni, che dànno curve non riprodotte nella figura, di altezza sempre pressochè uguale.

nell'esperienza che precede, con una legatura, si cerca di far passare un filo sotto la radice stessa. Ma non essendo questa isolata che per un breve tratto, e trovandosi situata profondamente, l'operazione riesce solo con qualche difficoltà e dopo parecchi tentativi. Ad un

dato punto si produce involontariamente un forte stiramento della radice, che provoca subito nel cane segni di un intenso dolore: grida e violente scosse muscolari.

3,11' pom. Pochi momenti dopo questa irritazione, l' animale si è alquanto calmato: emette però ancora qualche lamento. Si provoca allora, mantenendo sempre i rocchetti alla medesima distanza, una nuova contrazione: questa è molto più intensa dell'antecedente, come appare dal miogramma segnato sul cilindro. Parecchie altre eccitazioni si fanno seguire, coll' intervallo costante di un minuto l' una dall' altra: il loro effetto si conserva per alcuni minuti uguale. Solo 8-10 minuti dopo l' irritazione l' ipereccitabilità comincia a svanire.

B) *3,28' pom.* Si lega la radice posteriore col filo prima introdotto, indi si taglia la radice stessa al disotto della legatura, e sul moncone centrale, che si solleva mediante il filo, si applica una pinzetta a pressione. A queste operazioni l' animale reagisce con manifestazioni di dolore: grida e si agita convulsamente.

Eccitando subito dopo la radice anteriore, l' eccitazione rimane senza effetto. Parecchie altre eccitazioni pure rivelano la mancanza di eccitabilità della radice anteriore. Solo in alcuni punti la linea segnata sul cilindro è resa irregolare per i movimenti convulsivi che l' animale esegue anche cogli arti posteriori.

3,33' pom. Si toglie la pinzetta che stringeva la radice sensitiva. Immediatamente dopo, facendo passare la corrente, si ha una curva di contrazione elevatissima, all' incirca uguale a quelle che si ottennero per la prima involontaria irritazione prodotta per lo stiramento della radice.

3,34'. Una nuova eccitazione dà un effetto uguale.

3.35'. Si allontanano allora di 1 cm. i due rocchetti, ed eccitando si ha una curva meno elevata.

C) *3,36'.* Aumentando di un altro cm. la distanza dei rocchetti (cm. 31), la curva di contrazione è quasi uguale a quella segnata col *N. 1.* nella *Fig. 7.*

3,37'. Si applica allora di nuovo la pinzetta sul moncone della radice sensitiva: immediatamente dopo, producendo la solita eccitazione, si ottiene una curva notevolmente più elevata, la quale si mantiene tale lungo tempo (e ciò viene provato con successive eccitazioni provocate di minuto in minuto), ad onta che la pinzetta venga dopo pochi istanti levata.

3,43'. Portando a cm. 32 la distanza fra i due rocchetti, la curva è leggermente più bassa. Dopo alcuni minuti si ha una nuova discesa dell' eccitabilità.

D) *3,49'*. La curva di contrazione provocata dalla chiusura del circuito è alquanto meno elevata: (Ved. *N. 1* della *Fig. 8)*. Si afferra allora con una pinzetta il moncone centrale della radice posteriore, un poco più in alto che poco fa; indi tosto lo si abbandona libero. Segni di dolore.

Ad una nuova eccitazione colla medesima intensità di corrente, si ha una contrazione della massima energia, segnata da una curva elevatissima.

Dopo 3' invece *(ore 3,52')*, una nuova chiusura del circuito ci rivela che l' ipereccitabilità causata dall' irritazione meccanica è già diminuita (Ved. *Fig. 8)*.

FIG. 8. — (Esperienza XIII. *D.*)

Distanza dei due rocchetti cm. 32.

1. — Contrazione ottenuta prima di ripetere l'irritazione della radice sensitiva.

I. — Si afferra con una pinzetta il moncone centrale della radice posteriore tagliata. La pinzetta viene tolta subito dopo. Segni di dolore per parte dell'animale.

2. — Contrazione provocata subito dopo l'irritazione della radice posteriore.

3. — Contrazione provocata 2' dopo la precedente.

E) *3,53'*. Il miogramma conserva l' altezza medesima del *N. 3*, *Fig. 8*. Si applica allora un' altra volta la pinzetta a pressione sul moncone della radice posteriore, nel punto medesimo in cui fu prodotta poco fa l' irritazione.

Al solito il cane dà segni di dolore. Un subitaneo elevarsi della curva di contrazione, uguale a quello avuto nella prova antecedente, ottenuto ad una nuova eccitazione, ci indica che l' ipereccitabilità è ricomparsa per il recente fortissimo stimolo irritativo.

F) Ad una novella eccitazione, la contrazione appare lievemente meno marcata. Allora si toglie la pinzetta; ma questo atto non è possibile senza uno stiramento della radice, donde grida dolorose dell' animale. In corrispondenza a ciò, ripetendo la stimolazione elettrica subito dopo, la curva è una volta ancora aumentata in elevazione.

Esperienza XIV. — In un altro cane, nel quale pure non si riesce ad ottenere che un grado mediocre di narcosi, si mette allo scoperto, col solito processo operatorio, un paio nervoso del plesso lombo-sacrale a destra. La radice anteriore chiusa nell' eccitatore del Ludwig e stimolata colla corrente indotta, essendo le bobine della slitta alla distanza di cm. 36 fra loro, produce contrazioni dell' arto posteriore omonimo rappresentate sul cilindro da una curva di non grande altezza (8 mm.).

Ore 2 pom. Si punzecchia la radice posteriore colla punta di un ago: l' animale, cui si è fatto inalare un po' di cloroformio, non dà segni evidenti di dolore. Subito dopo, due eccitazioni successive non ci rivelano si può dire alcun effetto: solo si ha una lieve elevazione sull' ascissa, sincrona all' eccitazione.

Coll' ago medesimo si ripete allora l' irritazione della radice posteriore, punzecchiandola più a lungo ed a maggior profondità. Il cane non perciò grida; ma esegue coll' arto omonimo vivaci moti reflessi. L' eccitazione elettrica prodotta subito dopo per due volte, rimane inattiva.

Essendosi qui malauguratamente spostato il doppio timpano destinato a trasmettere le contrazioni muscolari, il seguito dell' esperimento non si può riportare.

Esperienza XV. — Viene eseguita sul medesimo animale che fu oggetto dell' Esper. V. *(Fig. 2)*.

In questa abbiamo veduto che, per effetto del taglio della radice posteriore, era notevolmente diminuita l' eccitabilità della radice anteriore del medesimo nervo. Quando tralasciammo quell'esperienza infatti la curva di contrazione era pochissima sollevata sull' ascissa.

Giunti a questo risultato, comprimiamo con una pinzetta il moncone centrale della radice sensitiva recisa, abbandonando poi subito la presa. Eccitando allora tosto la radice anteriore che era rimasta chiusa nell' eccitatore, notiamo una contrazione energica dell' arto posteriore, segnata da un miogramma assai più alto che i precedenti, sebbene, come è naturale, l' intensità della corrente non si fosse fatta variare. La medesima eccitazione, ripetuta dopo 1 minuto, ha un effetto uguale. Altre due eccitazioni, provocate alcuni minuti dopo, mostrano che già gli effetti dell' irritazione momentanea della radice

sensitiva si sono andati dileguando; però la curva di contrazione, benchè più bassa delle due curve che immediatamente precedevano, è ancora molto più elevata di quelle ottenute come effetto finale del taglio della radice posteriore.

Esperienza XVI. — Nell' Esper. IX. praticammo in un cane il taglio di una radice posteriore, e vedemmo come per questa operazione, dopo due successivi periodi: l' uno brevissimo di ipereccitabilità della radice anteriore corrispondente, l'altro di ineccitabilità della medesima, si avesse quale risultato ultimo una semplice diminuzione di eccitabilità. Ricordiamo che in questo animale non si era potuto ottenere se non un grado molto superficiale di narcosi, in modo che il taglio della radice posteriore era stato causa di un vivo dolore per l' animale stesso.

Ore 4,26' pom. Si afferra con una pinzetta a pressione, che si lascia poi in sito, il moncone centrale della radice sensitiva: il cane è preso da scosse generalizzate ed emette grida lamentevoli. La curva della prima eccitazione susseguente all' applicazione di questo fortissimo stimolo è resa irregolare per effetto delle violenti scosse convulsive: tuttavia è chiaro che l' eccitabilità è molto aumentata.

Parecchie eccitazioni fatte seguire immediatamente dopo rimangono invece senza alcun effetto visibile (arresto consecutivo all'irritazione): solo vien segnata sul cilindro la grafica di un tremore muscolare generalizzato.

Qui allora vogliamo variare l' esperimento affine di osservare gli effetti della cocainizzazione dopo una forte irritazione. Perciò avviciniamo di 2 cm. i due rocchetti della slitta, e così si ottiene una curva di contrazione ben evidente. Diminuendo ancora di 1 cm. la distanza, si ha una curva più elevata che prima del taglio della radice sensitiva. Finalmente, quando i rocchetti sono riavvicinati in tutto di 4 cm., si ha una forta contrazione. Allora togliamo la pinzetta che ancora pendeva dal moncone centrale della radice posteriore (il quale atto ridesta vivo dolore nell' animale), e ritentiamo l' eccitazione della radice anteriore. Questa volta si ha tosto un notevole innalzamento della curva di contrazione, che però svanisce quasi subito in miogrammi successivi. In questi anzi, dopo parecchie eccitazioni, si vede un progressivo diminuire dell' eccitabilità, fino ad un punto a cui rimane costante.

Aumentiamo ancora l' intensità della corrente, diminuendo a poco a poco di altri 4 cm., la distanza dei due rocchetti, finchè otteniamo una serie di curve tutte uguali, ed elevatissime sull' ascissa.

Ore 4,31' pom. Assicuratici così della costanza di questo grado di eccitabilità, applichiamo con un pennello, sul moncone centrale

della radice sensitiva, la solita soluzione cocainica al 10 %, e quindi quasi subito ritorniamo ad eccitare la radice anteriore.

A questa prima eccitazione nessun cambiamento si osserva nella intensità della contrazione. Ma già 1 minuto dopo che si è applicata la cocaina, la curva è meno elevata; essa va sempre più decadendo, finchè alle 4,40′ è già molto più bassa. Alle ore 4,43′, eccitando la radice anteriore non si ha più traccia di contrazione muscolare: le fibre motrici sono divenute ineccitabili per quella data intensità di corrente.

Ma allora diminuiamo di 1 solo cm. la distanza fra i due rocchetti, ed ecco che subito si ottiene una contrazione abbastanza vivace: ritornando alla distanza primitiva cessa nuovamente ogni segno di eccitabilità. Aumentando l' intensità della corrente, si può ottenere di nuovo una curva assai elevata; e così rimane permanente questo grado di eccitabilità, senza più diminuire fino alla fine dell'esperimento.

Dall'insieme di queste esperienze, le quali costituiscono una serie non piccola ove si tenga conto delle replicate prove tentate in taluna di esse, risultano fatti importanti e che ci sembrano oltremodo convincenti.

L' effetto quasi costante di svariate irritazioni meccaniche più o meno intense e dolorose, praticate sulle radici posteriori, è stato quello di aumentare in alto grado l' eccitabilità delle corrispondenti radici anteriori. Nella grande maggioranza dei casi tale aumento è stato immediatamente consecutivo all' irritazione, ed ha poi avuto una durata di lunghezza variabile, che qualche volta è anche sembrata in rapporto diretto coll' intensità dello stimolo inferto. Però in generale è qui da tener conto di un altro fattore importantissimo, cioè dello stato di eccitabilità proprio dell' animale; questo ha dovuto essere variabile entro limiti incertissimi, e ciò basta a spiegare le oscillazioni individuali nell'effetto reattivo ad una irritazione di intensità pressochè costante (applicazione di una pinzetta a molla sulla radice).

In un piccolo numero di casi abbiamo invece avuto, per l' irritazione della radice sensitiva, una momentanea ineccitabilità della radice motrice omonima: ma tale fenomeno è sempre stato transitorio, ed è sempre stato sostituito dall' aumento di eccitabilità di cui sopra è fatto parola. Solo nell' Esper. XIV., all' ineccitabilità prodotta dalle punture praticate su di una radice posteriore non abbiamo potuto

veder seguire, nel breve periodo entro cui si dovette circoscrivere l' osservazione, la solita elevazione della curva miografica al disopra del livello raggiunto a condizioni normali; ma qui abbiamo visto che un incidente impreveduto ci ha fatto interrompere l' esperienza; noi anzi, dal paragone con tutti gli altri casi, crediamo non sia da dubitare che, ove l' esperienza avesse potuto proseguire regolarmente, non sarebbe mancata anche qui l' ipereccitabilità come negli altri casi.

Quanto abbiamo ottenuto come risultato da quest' ultimo gruppo di esperimenti, viene dunque ad appoggiare in ogni sua parte l' interpretazione già da noi data ai fenomeni osservati in seguito alla recisione delle radici posteriori.

Ed infatti: l' aumento transitorio di eccitabilità motoria osservato spesso dopo il taglio di una radice posteriore fu da noi attribuito ad uno stimolo irritativo assai lieve portato alla radice per il semplice passaggio della lama che la divide. Così pure lo stato di più duratura ipereccitabilità motoria, osservato in qualche caso per la medesima operazione, credemmo si dovesse riferire ad una irritazione in realtà più intensa (per qualche involontario stiramento o compressione), o risentita come tale per lo stato di maggiore eccitabilità dell' animale d' esperimento. Finalmente, essendosi presentata qualche volta dopo il taglio della radice sensitiva una transitoria ineccitabilità della corrispondente motrice (per quella data intensità di corrente), ne abbiamo indotto all' esistenza di fatti inibitorî, o di arresto nella funzionalità nervosa delle cellule spinali, punto mediano dell' arco eccito-motore.

I fenomeni identici, punto per punto, si sono verificati quando noi, deliberatamente, abbiamo prodotto un' irritazione meccanica nelle radici posteriori. I due ordini di osservazioni dunque si confermano reciprocamente, e noi non vediamo nessun motivo di mutare ora in nulla le conclusioni colle quali chiudevamo la serie precedente d' esperienze.

Crediamo quindi che una forte irritazione sulle radici sensitive non costituisca altro che un' esagerazione sperimentale del normale afflusso centripeto, attraverso alle radici posteriori, di eccitamenti continui e forse svariatissimi (tattili, termici, muscolari, e probabilmente anche d'altra natura), afflusso che vale in condizioni fisiologiche a rendere più eccitabili le radici spinali anteriori.

. . . .

La transitoria ineccitabilità osservata poche volte dopo una forte irritazione già sappiamo doversi attribuire, secondo noi, ad una momentanea inibizione proveniente da centri superiori (per l'impressione dolorifica percepita dalla coscienza); o, come ci sembra si possa pure ammettere, ad un semplice arresto spinale, per il diffondersi dell' irritazione alle cellule gangliari del midollo.

Dobbiamo ora occuparci brevemente dell' effetto della cocainizzazione della radice posteriore, praticata nell' Esper. XVI. dopo che questa radice era stata fatto segno ad una intensissima irritazione.

L' applicazione della soluzione cocainica ebbe qui un risultato identico a quello ottenuto nell' Esper. XI. *(Fig. 4)*, nella quale l' ipereccitabilità della radice anteriore, sopravvenuta per una eccezionale irritazione prodotta dal taglio della posteriore, scomparve in pochi minuti dopo la cocainizzazione del moncone centrale della radice recisa.

Anche nell' Esper. XVI. infatti, vedemmo la cocaina applicata sulla radice posteriore abolire l'eccitabilità della radice anteriore per una intensità di corrente che prima era sufficiente a produrre una energica contrazione. Solo l' effetto si rivelò in maniera piuttosto lenta: del che crediamo si debba accagionare la precedente forte irritazione. Ci preme però di far notare che la progressiva caduta dell' eccitabilità motoria in seguito all' applicazione della cocaina non può affatto riferirsi ad uno spontaneo stancarsi delle fibre della radice anteriore: 1.° perchè ci eravamo prima, come sempre, assicurati che il grado di eccitabilità della radice stessa era da qualche tempo costante; 2.° perchè, dopochè la cocaina aveva raggiunto tutto il suo effetto, un leggero aumento nell' intensità della corrente bastò a far riprodurre una elevata curva di contrazione, e questo grado di eccitabilità si mantenne poi costante fino al termine dell' esperimento.

Dunque la cocaina, in quest' ultima Esper. XVI. ha agito in doppia maniera: sopprimendo cioè da un lato gli effetti dell' irritazione dolorifica prodotta dal taglio o dalla pressione della pinzetta; e dell' altro abolendo, nella solita maniera, l' affluire al midollo dei normali stimoli che rendono più viva l' eccitabilità delle radici anteriori. E questo ci rende ragione del cospicuo effetto ottenuto.

Nell' Esper. XI. invece, per essere già tagliata la radice posteriore, ed essendo la cocaina stata applicata sul moncone centrale di questa, solo la prima azione evidentemente si dovette ottenere, cioè la soppressione degli stimoli abnormi provenienti dalla superficie di sezione irritata.

Quest' ultimo modo di agire della cocaina è perfettamente paragonabile al meccanismo per cui questa sostanza sopprime in condizioni patologiche il dolore. Essa cioè agisce essenzialmente abolendo la conduttività fisiologica delle fibre sensitive: ecco perchè l' applicazione diretta della cocaina su di una superficie dolente, o l' iniezione di questa sostanza nei pressi di un nervo affetto da nevralgia, sopprime la sensazione di dolore, e nel nostro caso gli effetti dell'irritazione del moncone.

Non vogliamo terminare il presente capitolo senza accennare brevemente ad alcune osservazioni che si connettono con questa serie di ricerche. Ed anzitutto dobbiamo ricordare qui l' osservazione di v. Bezold ed Uspensky [1], che già notammo di volo nell' esaminare i loro lavori su tale argomento.

Detti autori immobilizzavano, coll' iniezione di una tenuissima dose di curaro, le rane, dopo di aver legato alla Bernard uno degli arti posteriori. Questo rimaneva quindi l'unico reattivo fisiologico per dimostrare l' eccitabilità dell' animale. Orbene, gli sperimentatori citati osservarono che, eccitando con forti stimoli dolorifici (acido acetico o solforico) un punto qualunque della cute della rana, l' eccitabilità delle radici anteriori che innervavano l' arto preservato dal veleno, era notevolmente aumentata.

Eppure v. Bezold e Uspensky sono precisamente fra coloro che negano la teoria del Çyon, affermando che le radici posteriori non agiscono in alcun modo sull' eccitabilità delle anteriori. Ma questa semplice osservazione, da loro stessi riferita, doveva farli ricredere. Che è una sensazione dolorifica se non un forte stimolo che giunge ai centri nervosi per mezzo delle radici posteriori ? Ora tutte le nostre osservazioni concordano con questa dei due autori citati, che un forte stimolo delle fibre periferiche sensitive aumenta l' eccitabilità delle motrici.

Noi però dimostrammo l' esistenza di un tale rapporto solo tra la radice posteriore e l' anteriore di un medesimo

[1] Op. cit.

nervo: ora si dovrà ritenere che un meccanismo analogo agisca anche tra due paia nervose lontane? Noi non abbiamo eseguito ricerche su questo punto: però l' esperimento di v. Bezold e Uspensky proverebbe che questo fatto (almeno nelle rane) in realtà ha luogo, ed in tal caso la spiegazione ne è agevole, se pensiamo alla facilità con cui gli stimoli molto forti si diffondono ai vari territori nervosi. Lo stesso del resto avviene pei reflessi (leggi dello Pflüger).

Ma l' osservazione di questi due fisiologi non è la sola in proposito.

Infatti Bubnoff e R. Heidenhain[1] videro nei cani, che una corrente di intensità insufficiente a provocare, facendola agire sulla zona motrice cerebrale, la contrazione dell' arto corrispondente al centro eccitato, diventava invece attiva se prima dell' eccitazione si strisciava leggermente sulla zampa stessa colla mano, o si recavano su di essa altri stimoli tattili o di genere differente. Se la corrente era già abbastanza forte da produrre una contrazione muscolare, questa per i citati stimoli sensitivi veniva rinforzata. L' aumento di eccitabilità dei centri motori dell' arto anteriore può poi aversi, secondo Bubnoff e Heidenhain, non solo recando uno stimolo sensitivo sulla cute dell' arto medesimo; ma anche, sebbene con minore costanza, stimolando la pelle del ventre o del torace dello stesso lato. All' incontro, la stimolazione dei nervi cutanei del lato opposto non ha mai manifestato alcun effetto nel senso indicato[2].

Tuttavia le ricerche più complete su questa quistione sono quelle di Sigm. Exner[3], che qui in breve riassumeremo, premettendo che esse sono state condotte con metodo ed apparecchi della più rigorosa esattezza, e quindi mal se ne saprebbero mettere in dubbio i risultati.

[1] N. Bubnoff u. R. Heidenhain. Ueber Herregungs- und Hemmungsvorgänge innerhalb der motorischen Hirncentren. *Pflüger's Arch. f. d. gesammte Physiologie.* Bd. XXVI, 1881. S. 137. (Cap. II. Erregbarkeitssteigerung und Erregungshemmung in den motorischen Centren. S. 174 seg.). — Cfr. anche: R. Heidenhain. Ueber Erregung und Hemmung (Bemerkungen zu einem Vortrage des Herrn H. Munk). Ibid. S. 546.

[2] Bubnoff u. Heidenhain. loc. cit. S. 177.

[3] Sigm. Exner. Zur Kenntniss von der Wechselwirkung der Erregungen im Centralnervensystem. *Pflüger's Archiv. f. d. gesammte Physiologie.* Bd. XXVIII, 1882. S. 487.

Trovò l' Exner anzitutto che se si stimola in un animale, p. es. in un coniglio, narcotizzato, le terminazioni nervose sensitive di un arto con una corrente indotta, in modo da ottenere contrazioni reflesse dell' arto stesso sincrone ad ogni eccitazione, la forza della contrazione aumenta in maniera apprezzabile se allo stimolo periferico si unisce la contemporanea eccitazione (pure colla corrente indotta, ma di una intensità per sè incapace a produrre una contrazione muscolare) del centro motore corticale dell' arto medesimo.

Se anche l' intensità della corrente adoperata a stimolare l' arto era un po' minore di quella necessaria a provocare il moto reflesso, questo si verificava eccitando nello stesso tempo il punto corrispondente della zona motrice.

In maniera reciproca (e questo sarebbe appunto il fenomeno prima osservato da Bubnoff e R. Heidenhain), la contrazione muscolare, che si ha per effetto di una eccitazione elettrica prodotta sui centri psico-motori corticali, viene aumentata se si stimolano leggermente le terminazioni nervose tattili dell' arto medesimo. Si può inoltre diminuire entrambi gli stimoli in modo che ognuno per sè sia incapace di produrre un effetto; invece, riuniti, cagionano una contrazione di quel dato gruppo muscolare.

Quando l' A. non eccitava, insieme alle fibre sensitive, il centro corticale corrispondente all' arto su cui sperimentava, ma un altro punto della corteccia dello stesso lato, si otteneva pure un aumento del moto reflesso, ma assai meno spiccato che eccitando detto centro. Così pure se si eccitava l' emisfero omonimo all' arto stimolato. Però il prodursi del reflesso era pure agevolato per la stimolazione contemporanea di un altro territorio sensitivo (zampa dell' altro lato, oppure zampa posteriore, se era eccitata l' anteriore) [1].

Finalmente vide l' Exner che sia il moto reflesso per la stimolazione della zampa, che la contrazione muscolare direttamente ottenuta eccitando il corrispondente centro corticale erano resi più distinti se nello stesso tempo un forte stimolo acustico colpiva l' animale [2].

[1] Exner. loc. cit. S. 504.
[2] Exner. loc. cit. S. 498.

Questo insieme di fenomeni l' Exner riuniva sotto il nome di « *Bahnung* », vocabolo da lui coniato, ed intraducibile; ma col quale si vorrebbe appunto significare una agevolazione al passaggio di alcuni stimoli attraverso le vie nervose, per la presenza di altri stimoli contemporanei. Ciò in opposizione ai fenomeni di arresto *(Hemmung)*, che per lo stesso fatto si hanno in altre condizioni [1].

Da queste esperienze dell' Exner risulta dunque non esser necessario perchè si manifesti la così detta *Bahnung*, sebbene sia ciò una condizione assai favorevole, che lo stimolo sensitivo colpisca il medesimo territorio nervoso al quale appartengono le fibre centrifughe che provocano la contrazione muscolare. Non sarebbe nemmeno necessario, come credevano Bubnoff e Heidenhain, che l' eccitazione dei nervi di senso si eserciti dallo stesso lato di quello di cui si provoca l' eccitazione motrice. Ciò concorda coll' osservazione di v. Bezold e Uspensky sulle rane, e col concetto che noi abbiamo dei fenomeni citati.

Certo sarebbe stato assai interessante per noi il poter verificare nei nostri esperimenti se l' aumento di eccitabilità, prodotto dalla stimolazione di una radice sensitiva nella radice motoria corrispondente, si estenda ed in qual misura alle altre paia spinali, e deploriamo che, avendo dovuto interrompere i nostri esperimenti in proposito, il presente lavoro rimanga con una simile lacuna. Però ci proponiamo di riprendere le nostre osservazioni, e ciò speriamo possa avvenire fra non molto.

Rimane ora un' ultima questione, riguardante le parti del sistema nervoso in cui avvengono, per effetto di certi dati stimoli, le modificazioni capaci di aumentare l' eccitabilità delle fibre motrici.

[1] Tutti ricorderanno a questo punto per analogia il noto fenomeno del « sommarsi degli stimoli », cui infatti le manifestazioni di cui parliamo si possono in parte paragonare. Però non bisogna confondere l' una espressione coll' altra, trattandosi di due ordini di fenomeni ben distinti: come fa notare l' Exner (l. cit. S. 505), bisogna riservare l' espressione di « sommarsi degli stimoli » ad indicare l' aumento di eccitabilità che si ottiene per il succedersi di parecchie eccitazioni della stessa natura; mentre è chiaro che, nell' intenzione di chi l' ha plasmata, colla parola « *Bahnung* » s' intende invece l' azione speciale che l' eccitazione di una parte del sistema nervoso produce sulle altre, e specialmente su quelle con cui è in più stretta comunicazione.

Notiamo anzitutto di passaggio che si può intanto escludere il sistema nervoso periferico come sede di tali modificazioni. Ha infatti veduto l' Exner che l' azione da lui chiamata « *Bahnung* » si esercita ugualmente se, anzichè essere contemporanei, i due stimoli si fanno seguire l' uno all' altro a distanza di alcuni decimi di secondo. Ciò significa che il primo stimolo (per restringerci al nostro caso, lo stimolo sensitivo) ha prodotto nel sistema nervoso alterazioni capaci di durare alcuni decimi di secondo (perfino, in alcune esperienze, secondi 0,63). Ora una modificazione di eccitabilità così durevole, nota l' Exner [1], non è possibile che nel sistema nervoso centrale.

In questo però è da decidere quale parte è necessaria alla produzione del fenomeno, perchè l' osservazione di v. Bezold e Uspensky ad es., non esclude che il suo determinarsi debba essere soggetto all' influenza cerebrale.

Ed invero Bubnoff ed Heidenhain [2], sebbene ricusino di pronunciarsi nettamente su tale questione, ritengono però che la corteccia cerebrale abbia una parte non indifferente nella produzione del fenomeno. Tuttavia essi videro che, anche dopo l' asportazione del tratto di corteccia contenente il centro motore dell' arto su cui intendevano sperimentare, l'eccitazione della sostanza bianca sottostante produceva un effetto motorio più intenso, se contemporaneamente si eccitavano le terminazioni sensitive del medesimo arto. Perciò questi due autori, pure attribuendo, come dicemmo, molta azione alla corteccia, credono che specialmente nei centri motori subcorticali si producano le modificazioni che agevolano l' azione di uno stimolo successivo, o contemporaneo ma di altra natura.

Solamente l' Exner [3], pur non negando l' influenza della corteccia cerebrale e dei centri subcorticali nella produzione del fenomeno, ammette che perchè esso si verifichi basta l' integrità del midollo spinale, venendo così a stabilire, sebbene non l' esprima effettivamente, l' importante principio che ovunque hanno luogo atti reflessi, ivi può anche manifestarsi, per stimolazione del tratto sensitivo, un aumento di eccitabilità della porzione motrice.

[1] Exner. loc. cit. S. 495.
[2] Bubnoff u. Heidenhain. loc. cit. S. 177-178.
[3] Exner. loc. cit. S. 497-498.

Ad ogni modo questa questione appunto dell' azione che il cervello potesse avere sulla produzione dei diversi fenomeni osservati nelle esperienze fin qui riferite, desideravamo risolvere in maniera che nessun dubbio potesse rimanere. Daremo perciò qui il resoconto di esperienze in cui, mediante la distruzione del bulbo, fu tolta l' influenza del cervello. Esse rappresentano come il riassunto di tutte le nostre ricerche, e ci presentano riuniti come in uno schema i diversi nostri risultati.

4.ª SERIE

(Esperimenti in un animale a bulbo distrutto)

In una grossissima cagna (segugia) ponemmo a nudo, colle norme descritte, un largo tratto del midollo spinale corrispondente all' ultima vertebra dorsale ed alle prime tre lombari. Dopo questa preparazione, lasciammo riposare, secondo il solito, l' animale per circa un' ora. Al momento di incominciare gli esperimenti, distruggemmo il bulbo a livello del calamo scrittorio: l' animale fu mantenuto in vita colla respirazione artificiale.

Esperienza XVII. — Si isola un paio di radici del plesso lombosacrale a sinistra. Indi, disposta la radice anteriore sull' eccitatore, si provoca con una intensità mediocre di corrente, una contrazione, che viene iscritta sul cilindro.

Ore 4,3' pom. Si fanno segnare, mantenendo uguale l' intensità della corrente, altre due contrazioni sul cilindro girante. Esse sono di altezza uguale. Immediatamente dopo, si applica la soluzione cocainica al 10 % su tutto il tratto isolato della radice posteriore.

Una eccitazione provocata quando sono trascorsi pochi secondi dalla spennellatura con cocaina, rimane senza effetto. Uguale ineccitabilità si osserva ad una nuova chiusura del circuito prodotta 1' dopo.

Si avvicinano allora di 1 cm. i due rocchetti della slitta: la radice rimane ineccitabile.

Si avvicinano i rocchetti di 2 cm.: alla chiusura del circuito si ha un' elevazione appena accennata sul livello dell' ascissa.

Avvicinando di 3 cm., si ottiene una debole contrazione.

Proseguendo l' avvicinamento (3 cm.), si ha una contrazione più forte.

FIG. 9. — (ESPERIENZA XVII.

1, 2. — Contrazioni a radici normali.
K. — Cocainizzazione della radice posteriore.
3. — Effetto di un' eccitazione praticata quasi subito dopo l'applicazione della cocaina.
4. — Eccitazione 1 minuto dopo.
5. — Si avvicinano di 1 cm. i due rocchetti della slitta.
6. — id. di 2 cm. id. id.
7. — id. di 3 cm. id. id.
8. — id. di 4 cm. id. id.
9. — id. di 5 cm. id. id.

Finalmente, avvicinando i rocchetti ancora di 1 cm. (in tutto la distanza è diminuita di 5 cm. dopo la cocainizzazione), si produce, chiudendo il circuito, una curva di contrazione di altezza quasi uguale a quella che si aveva prima della cocainizzazione. Questo grado di eccitabilità perdura parecchi minuti, fino alla fine dell'esperimento.

Il tracciato ottenuto in quest'esperienza è riprodotto nella *Fig. 9.*

Esperienza XVIII. — Nel medesimo animale si isola un altro paio nervoso dal medesimo lato, inferiore al precedente. Si provocano, eccitando nella solita maniera la radice anteriore, 3 contrazioni consecutive, le quali riescono perfettamente uguali fra loro per altezza e per forma.

Ore 3,40' pom. Recisione della radice posteriore. Immediatamente dopo, eccitando con una corrente di uguale intensità, si ha un aumento nell'altezza della curva di contrazione (Ved. *Fig. 10, N. 3).*

Da questo istante si provocano successivamente parecchie altre eccitazioni, mantenendo sempre costante la distanza delle due bobine: l'altezza della curva rimane uguale per i primi 2 minuti. Ma alle ore 3,43' *(Fig. 10, N. 7),* l'eccitabilità è già notevolmente diminuita anche da quel che era prima del taglio della radice posteriore. Dopo 1' la diminuzione è ancora più accentuata; finalmente alle 3,45' (5 minuti dopo il taglio), si ha una curva di contrazione pochissimo marcata (Ved. *Fig. 10*).

Esperienza XIX. — *A)* Medesimo animale. Sull'eccitatore si è collocata la radice anteriore di una delle paia lombo-sacrali di destra.

Ore 3 pom. Si provocano, a radici intatte, 3 contrazioni successive, mantenendo sempre uguale l'intensità dello stimolo elettrico.

Indi si taglia la radice posteriore dello stesso paio. Subito dopo si chiude nuovamente il circuito, per esplorare il mutamento avvenuto nel grado di eccitabilità della radice anteriore. Già la prima curva di contrazione ottenuta dopo il taglio è notevolmente più bassa che quelle precedentemente segnate (Ved. *Fig. 11, N. 4).* Altre tre contrazioni provocate in seguito coll'intervallo di pochi secondi fra loro, non mostrano variazioni apprezzabili nella loro altezza e nella loro forma.

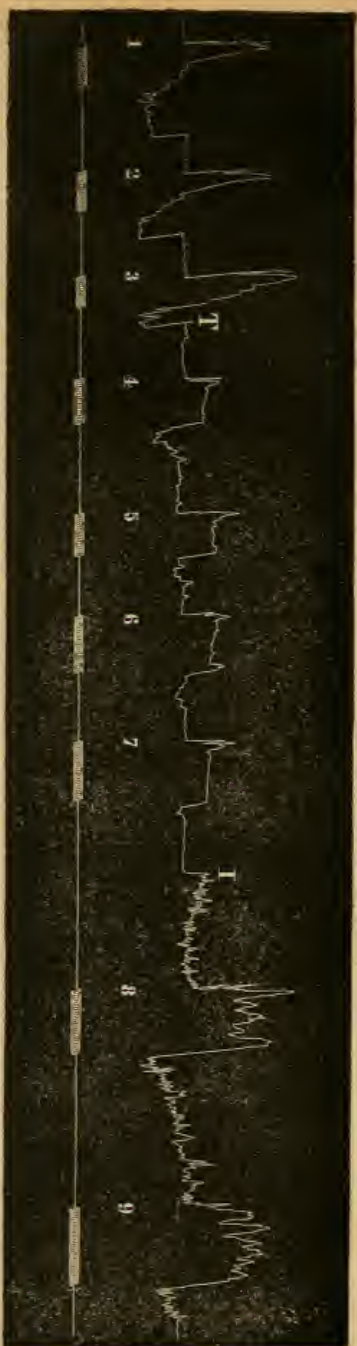
FIG. 10. — (ESPERIENZA XVIII.)

1, 2. — Contrazioni a radici normali.

T. — Taglio della radice posteriore.

3. — Contrazione provocata subito dopo il taglio.

4, 5, 6, 7, 8, 9. — Curve di contrazione ottenute eccitando la radice anteriore colla medesima intensità di corrente, nello spazio di 5 minuti.

FIG. 11. — (ESPERIENZA XIX. *A*, *B*.)

1, 2, 3. — Contrazioni a radici intatte.
T. — Taglio della radice posteriore.
4. — Contrazione provocata subito dopo il taglio della radice posteriore.
5, 6, 7. — Contrazioni per eccitazioni successive della radice anteriore, colla medesima intensità di corrente.
I. — Si applica una pinzetta a molla sul moncone centrale della radice posteriore recisa.
8, 9. — Contrazioni per eccitazioni della radice anteriore, rimanendo sempre uguale l' intensità della corrente.

B) A questo punto si applica sul moncone centrale della radice posteriore recisa una pinzetta a molla, che si lascia in sito.

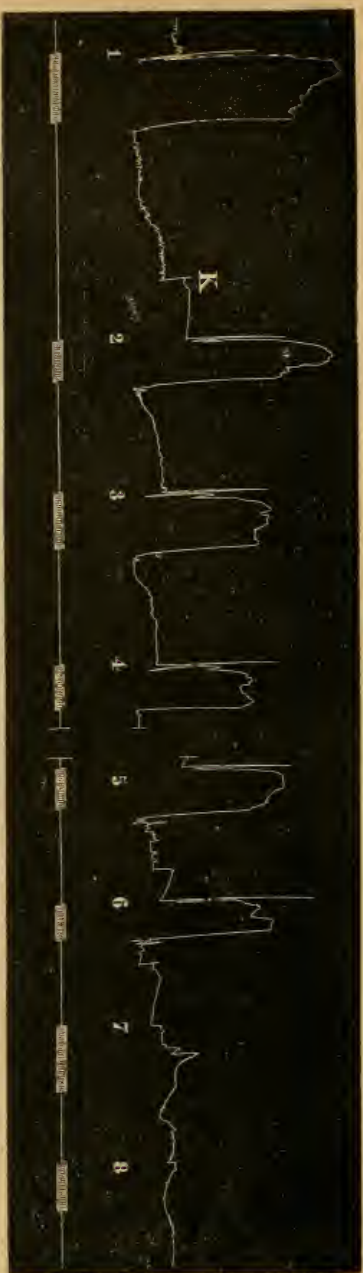
Questo fortissimo stimolo produce nell' animale un violento tremito reflesso generalizzato, che si rende palese anche sul cilindro con una linea a zig-zag.

Una nuova eccitazione della radice anteriore immediatamente prodotta (la distanza fra i due rocchetti è sempre uguale), si rivela con una curva di contrazione assai più alta che quelle di poco fa. Ripetendo l' eccitazione, il miogramma non accenna a diminuire (Ved. *Fig. 11).*

In seguito, benchè la pinzetta sia stata tolta, l' eccitabilità si mantiene esagerata; anzi alle ore 3,3′ una nuova eccitazione ce la mostra ancora aumentata.

C) Ore 3,3′ pom. Il tremito reflesso dell' animale è diminuito; ma l' ipereccitabilità della radice anteriore è divenuta enorme (Ved. *Fig. 12, N. 1*). A questo punto si applica sul moncone centrale della radice posteriore, con un pennello, la solita soluzione di cocaina al 10 $^0/_0$, e si ripete l' eccitazione. Una prima contrazione non mostra variazioni dell' antecedente; ma nei successivi miogrammi, fatti inscrivere con nuove eccitazioni ripetute a pochi secondi di distanza fra loro, si nota già una evidente diminuzione. Alle ore 3,5′ *(Fig. 12, N. 5)* la caduta dell' eccitabilità è già notevole.

Si lasciano allora passare 2 minuti, ed alle ore 3,7′ si ripete l' eccitazione: si ha una curva di contrazione altremodo depressa in paragone alle precedenti. Pochi secondi dopo si ha una ineccitabilità quasi assoluta (Ved. *Fig. 12).*

FIG. 12. — (Esperienza XIX. *C.*)

1. — Contrazione ottenuta 4′ dopo di aver irritato, coll' applicazione di una pinzetta a molla, il moncone centrale della radice posteriore recisa.

K. — Si applica la soluzione di cocaina sul moncone centrale di questa radice.

2. — Contrazione immediatamente dopo la cocainizzazione.

3, 4. — Contrazioni per eccitazioni successive colla medesima intensità di corrente.

5, 6. — (Giro successivo dei cilindro) — Contrazioni ottenute dopo la cocainizzazione.

7. — 2′ dopo la cocainizzazione.

8. — Pochi secondi dopo l'eccitazione precedente.

D) Allora si cerca di riprodurre, aumentando l'intensità della corrente, una curva di contrazione di mediocre altezza; e ciò già si ottiene diminuendo di 2 cm. la distanza fra i rocchetti dell'apparato d'induzione (Ved. *Fig. 13*, *N. 1*).

Ciò fatto, si riprende colla pinzetta a pressione il moncone centrale della radice posteriore, e tosto si ripete l'eccitazione. La curva che se ne ottiene è già notevolmente più alta; ma una seconda eccitazione dà un miogramma anche più elevato.

Si toglie allora la pinzetta: si ritorna ad eccitare: la contrazione è fortissima, e superiore di un buon tratto alla contrazione antecedente.

Un minuto dopo che si è tolta la pinzetta però, l'ipereccitabilità è già scemata, e la curva di contrazione è assai meno alta (Ved. *Fig. 13*).

Fig. 13. — (Esperienza XIX. *D.*)

1. — Contrazione ottenuta dopo la cocainizzazione, avvicinando i due rocchetti di 2 cm. più che nell'Esp. precedente (*Fig.* 12, *N.* 5.)

I. — Nuova applicazione di una pinzetta a molla sul moncone centrale della radice posteriore.

2. — Contrazione ottenuta eccitando, immediatamente dopo, la radice anteriore.

3. — Contrazione per una successiva eccitazione.

I'. — Si toglie la pinzetta dal moncone.

4. — Contrazione provocata subito dopo.

5. — Contrazione ottenuta 1 minuto dopo che si è tolta la pinzetta.

Ognuna di queste esperienze meriterebbe un commento a sè, tanto sono tutte tipiche ed, a parer nostro, dimostrative. Però i limiti di questo scritto sono già venuti estendendosi

troppo più di quel che avremmo voluto e creduto, e quindi ci piace lasciare al lettore l'apprezzamento dei nostri risultati.

Del resto nel presente gruppo di esperimenti possiamo scorgere un esempio veramente caratteristico di quasi tutti i fatti trovati e discussi già nelle serie precedenti.

Abbiamo cioè veduto: 1.° Il rapido decadere dell' eccitabilità di una radice anteriore per la cocainizzazione della corrispondente posteriore;

2.° In due casi la diminuzione di eccitabilità della radice anteriore per il taglio della radice posteriore: in uno dei due casi alla diminuzione precedette un lieve ed assolutamente transitorio aumento dell' eccitabilità;

3.° L' aumento enorme dell' eccitabilità stessa per gli stimoli irritativi violenti portati sulla radice sensitiva;

4.° Finalmente il cessare dell' ipereccitabilità così prodotta, quando colla cocaina s' interrompa la conduzione centripeta degli stimoli sensitivi dal punto irritato al midollo spinale.

Ora questi sono appunto i fenomeni su cui abbiamo richiamato precedentemente l'attenzione, e che oramai possiamo ritenere assodati. Così pure dobbiamo concludere che il loro manifestarsi non è legato necessariamente alla funzionalità dei centri nervosi superiori.

Solo una brevissima osservazione vogliamo aggiungere a proposito dell' ultimo momento dell' Esperienza XIX., riportato nella *Fig. 13*. Qui cioè si ebbe, per l' irritazione del moncone sensitivo, già prima cocainizzato, un aumento non istantaneo, come di solito, ma piuttosto lento dell' eccitabilità della radice anteriore. Ciò deve forse riferirsi al fatto che gli effetti della cocaina che già cominciavano a sparire, si limitavano ormai a rendere più difficile, e quindi più lento il diffondersi al midollo, e quindi alla radice anteriore, della irritazione prodotta dai forti stimoli applicati sulla radice sensitiva.

Noteremo inoltre che in queste nostre esperienze su di un animale cui erasi distrutto il bulbo, non si ebbe mai, come conseguenza di una forte irritazione delle radici posteriori o del semplice taglio, un effetto inibitorio sulle corrispondenti radici anteriori, cioè un transitorio arresto della loro eccitabilità. Parrebbe quindi che a produrre tale inibizione dovesse specialmente contribuire l'attività cerebrale: ma a ciò è difficile

rispondere per ora, od almeno sarebbe necessario un numero maggiore di esperimenti *ad hoc*. Anzi per verità il risultato dell' Esper. XIV., in cui il punzecchiamento della radice posteriore fu seguito da ineccitabilità della radice motrice omonima, sebbene il cane fosse profondamente narcotizzato e non desse alcun segno di dolore, questo risultato dicevamo parlerebbe contro l' ipotesi enunciata. Per parte nostra invece, come abbiamo già detto innanzi, non vediamo alcuna ragione per non ammettere che dalle stesse cellule gangliari del midollo possa partire lo stimolo inibitorio per le fibre motrici. Questa ipotesi del resto concorda maggiormente colle dottrine più recenti, le quali fanno del potere d' inibizione una proprietà comune a tutte le parti del sistema nervoso.

Quanto alle condizioni che talora determinano questo arresto, mentre in altri casi si ha un franco accrescersi dell'eccitabilità, rimangono del tutto oscure; tali del resto sono moltissime altre manifestazioni di questi fatti d' interferenza nervosa nelle più svariate circostanze [1].

Dopo ciò le nostre conclusioni si enunciano in poche parole, e sono le seguenti:

1.° Abolendo la conduttività delle radici posteriori con mezzi tali da non irritarle menomamente, si ha una costante diminuzione nell' eccitabilità delle corrispondenti radici anteriori.

2.° Ogni stimolo irritante portato sulle radici sensitive, fa invece aumentare di solito per un tempo più o meno lungo l' eccitabilità delle radici anteriori. Talvolta a questa ipereccitabilità precede un periodo in generale assai breve, in cui l' eccitabilità delle radici anteriori è sospesa, o molto diminuita.

[1] Non abbiamo voluto sopraccaricare troppo questo già lungo lavoro, aprendo una discussione sul determinismo e sulla natura dei fenomeni inibitori o d' arresto, che sono già stati argomento di innumerevoli studi. Del resto ci è sembrato fuor di luogo entrare di proposito in tale questione, dal momento che i nostri risultati non potevano presentarci a questo riguardo nessuna nuova veduta.

3.° Questi vari fatti sembrano indipendenti dall' influenza cerebrale e quindi dalla coscienza, almeno nel senso più proprio di questa parola.

Come spiegazione di questi risultati, ci sembra accettabile la teoria emessa dal Cyon, cioè che dalla periferia, per le fibre sensitive, affluiscano incessantemente al midollo stimoli di varia natura, i quali per l' intermezzo delle cellule spinali si riflettano come onda continua sulle fibre motrici e di qui ai muscoli. Tale ipotesi spiega benissimo come una interruzione nel tratto afferente dell' arco diastaltico tolga alle fibre motrici quello stimolo fisiologico perenne; e quindi una eccitazione diretta (volontaria o sperimentale) delle radici anteriori debba produrre *caeteris paribus*, un effetto motore altrettanto minore. Al contrario ogni aumento artificiale (per mezzo di stimoli irritanti) della fisiologica onda sensitiva, rappresenta come una aggiunta di carattere reflesso, che deve sommarsi allo stimolo che direttamente si fa agire sulle radici motrici.

Ed ora, specialmente a proposito dell' ultima nostra conclusione, ci si permettano ancora poche osservazioni che per essa ci vengono richiamate.

Il dolore, ed in genere le impressioni spiacevoli che avverte l' individuo hanno senza dubbio un significato teleologico, s' intende nel senso genetico che alla parola dà la dottrina dell' evoluzione: cioè di un adattamento funzionale preparato lentamente nella filogenesi per la scelta naturale.

Le impressioni di dolore, di disgusto e simili servono all' individuo onde possa sfuggire facilmente gli stimoli nocivi alla sua integrità, al normale andamento delle sue funzioni vitali. Il dolore è dunque una funzione di difesa contro gli agenti esterni dannosi; e come tale rappresenta un elemento notevole aggiunto alla proprietà più elementare degli organismi di rispondere con movimenti reflessi (di fuga od altrimenti di difesa) agli stimoli troppo gravi o di natura impropria al loro benessere.

Ma ecco che fra questi due grandi fatti della vita nervosa: il semplice movimento reflesso, e l' atto psichico provocato dal dolore, cioè dal rendersi coscienti delle azioni esterne dannose all' organismo, dobbiamo collocare un' altra

manifestazione di importanza certo non minore. Oltre cioè alla funzione di rispondere con moti reflessi, i centri nervosi inferiori un' altra ne possiedono, che quasi si direbbe di passaggio alle azioni intelligenti proprie dei centri cerebrali. Alludiamo qui a quest' afflusso continuo al midollo di sensazioni che, coi caratteri di una funzione automatica, si rivela con un fisiologico aumento di eccitabilità del nervo motore. Questo passaggio continuo di eccitazioni dai nervi di senso a quelli di moto, mediante il quale viene a questi ultimi accresciuta la potenzialità ad essere posti in azione, e l' aumento che in questo afflusso si verifica per una violenta impressione sensitiva, hanno il medesimo ufficio teleologico che gli altri due fatti citati, ed hanno certamente la medesima origine.

Quando cioè all' organismo giunge uno stimolo doloroso, partono contemporaneamente dal midollo, oltre alla trasmissione al cervello dell' impressione dolorosa, eccitazioni di due sorta ai nervi motori: alcune che sono causa dei moti reflessi, altre che semplicemente aumentano l' eccitabilità del nervo motore, e quasi lo preparano a ricevere dal cervello più prontamente ed efficacemente l' eccitazione per una contrazione dei muscoli a compiere i vari movimenti associati richiesti nei singoli casi.

In condizioni normali il midollo sempre raccoglie tutti i piccoli stimoli di vario genere che continuamente gli giungono dalla periferia, e li scarica sul nervo motore quasi a tener desta sempre la sua eccitabilità ove occorra metterlo in azione. Ciò invece più non si verifica quando, col taglio della radice posteriore, è tolto al paio nervoso l' elemento sensitivo.

Questo automatismo spinale prova sempre più il valore puramente epifenomenico della coscienza. Essa solo interviene come suprema regolatrice della nostra vita nervosa; ma una parte immensa, e forse maggiore di quello che anche ora si crede, dei fenomeni più essenziali delle funzioni di relazione si basano su processi inferiori, i quali si iniziano anche senza che la coscienza abbia percepito la stimolazione, e possono in certi casi agevolarne l' intervento.

Questa nostra digressione oltrepassa forse gli stretti limiti sperimentali; ma non ci è sembrata inutile nè arrischiata per una comprensione scientifica dei nostri risultati.

APPENDICE

Nel rendere conto delle nostre ricerche, non abbiamo parlato di un fenomeno che ci si è presentato in una sola delle nostre esperienze, e quindi non altera affatto le conclusioni cui siamo giunti. Tuttavia, sembrandoci esso abbastanza interessante anche come punto di partenza di nuove ricerche, non vogliamo tralasciar di notarlo come complemento di questo lavoro.

Esso consiste in ciò, che, mentre in tutti i cani che adoperammo nelle esperienze descritte l'eccitabilità delle radici anteriori rimaneva uguale e costante per lungo tempo dopo l'apertura del canal vertebrale, in un solo animale ci si presentò invece un fenomeno nuovo per noi: una oscillazione accessuale spontanea del grado di eccitabilità delle radici anteriori. Producendo cioè, con una intensità di corrente sempre uguale, delle eccitazioni successive con intervalli di 30″—1′ l'una dall'altra, si poteva notare sulla grafica ottenuta: dapprima una serie di contrazioni di ugual forza; indi un rapido decadere dell'eccitabilità, manifestantesi con curve di altezza decrescente; finalmente un nuovo rialzarsi dell'altezza dei miogrammi, fino a raggiungere l'altezza primitiva.

Interrotte allora le ricerche speciali che ci occupavano, abbiamo seguito unicamente questo fenomeno, e potemmo così riprodurre, nello spazio di circa un'ora e mezza, parecchi di tali periodi, e ci duole che per la loro lunghezza non ci sia lecito riportarne qui qualche esemplare.

Detti periodi non erano però uguali fra loro per durata, ed anche si presentavano a distanze non costanti; quindi non ci è possibile supporre alcuna legge di ritmo in un fatto così singolare.

Sulle sue cause non vogliamo azzardare alcuna ipotesi: infatti nessun momento abbiam potuto scoprire che potesse

spiegarcelo, sia nelle condizioni organiche dell' animale, sia nella forma della narcosi, la quale solo notiamo che non raggiunse un grado molto profondo, il che del resto osservammo anche in altri soggetti, senza che ciò fosse accompagnato dal fenomeno descritto. Questo però evidentemente si deve ad oscillazioni periodiche, (o meglio accessuali) dell' eccitabilità propria del midollo spinale, e con esso delle fibre centrifughe: non crediamo quindi che si possa meglio paragonare tal fatto che al fenomeno di Cheyne-Stokes, il quale riposando su variazioni dell' eccitabilità bulbare, ha certo molti rapporti col fatto da noi osservato.

Esso, per quanto ci consta, non è stato ancora notato da nessuno sperimentatore, e perciò abbiamo creduto conveniente pubblicarlo. Teniamo tuttavia a ripetere che in nessuno degli altri nostri non pochi esperimenti ci si è presentato nulla di simile: in tutti (e specialmente in quelli eseguiti dopo questa osservazione), fu nostra cura speciale l' assicurarci ripetutamente della costanza nel grado di eccitabilità delle radici; sicchè non può rimaner dubbio che tutte le variazioni che poi si producevano, erano dovute alle azioni di vario genere esercitate a scopo di ricerca sulle radici posteriori.

Prima di porre termine a questo scritto ci sentiamo in dovere di esprimere la più viva gratitudine al nostro Maestro Prof. Luigi Luciani, il quale ci fu largo di consigli e di aiuto nelle ricerche testè riportate.

Firenze, Aprile 1890 *).

---

*) Un sunto di queste ricerche fu comunicato all' Accademia Medico-Fisica Fiorentina, nella sua Seduta del 6 Maggio 1890.